XM
.E5

Vol. 37
1911-13

THE • NEW • YORK • BOTANICAL • GARDEN
PRO SCIENTIA SALUTE POPULIQUE
1891
LIBRARY

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 37
(1911-1913)

LIBRARY
NEW YORK
BOTANIC
GARDEN

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine.

1911-1913

.E5
v.37
1911-13

GENÈVE. — IMPRIMERIE ALBERT KÜNDIG

TABLE DES MATIÈRES

du Volume 37 (1911-1913).

FASCICULE 1 (Avril 1911).

Pages.

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1910, par M. le Dr Frédéric Reverdin. 1

Supplément à la liste des institutions scientifiques avec laquelle la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève fait échange de publications 22

Liste des membres de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. . . 23

Modifications au règlement de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. 28

FASCICULE 2 (Août 1911).

Sur la notion de courbure et sur quelques points de géométrie infinitésimale non-euclidienne, par M. C. Cailler. Avec 18 fig. dans le texte. 29

FASCICULE 3 (Juin 1912).

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle pour l'année 1911, par M. Emile Chaix 93

Recherches expérimentales sur les mécanismes du mélanisme et de l'albinisme chez les Lépidoptères, par M. Arnold Pictet. Avec 5 planches. 111

FASCICULE 4 (Juillet et décembre 1913).

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1912, par M. le Dr Maurice Gautier 279

Monographie géologique et paléontologique du Salève (Hte-Savoie, France), par MM. Etienne Joukowsky et Jules Favre. Avec une carte géologique en couleurs, 29 planches et 56 fig. dans le texte 295

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

Cailler, C. — Sur la notion de courbure et sur quelques points de géométrie infinitésimale non-euclidienne 29

Chaix, Emile. — Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour 1911. 93

Gautier, Maurice. — Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour 1912 279

Joukowsky, E. et Favre, J. — Monographie géologique et paléontologique du Salève (H^te^-Savoie, France) 295

Pictet, Arnold. — Recherches expérimentales sur les mécanismes du mélanisme et de l'albinisme chez les Lépidoptères 111

Reverdin, Frédéric. — Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour 1910 1

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 37

Fascicule 1. — (Avril 1911)

Rapport du président de la Société pour 1910

Documents administratifs.

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine.

Prix : 2 fr.

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 1, VOLUME 37

Pages

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1910 par M. le Dr Frédéric Reverdin 1

Supplément à la liste des institutions scientifiques avec lesquelles la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève fait échange de publications 22

Liste des membres de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève . . 23

Modifications au règlement de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève 28

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1910

PAR

M. Frédéric REVERDIN, Dr ès Sciences.

Monsieur le Président,
Messieurs et chers Collègues,

Arrivé au terme du mandat que vous m'avez fait l'honneur de me confier, j'ai encore, selon l'usage, à vous rendre compte de la marche de notre Société pendant l'année écoulée: mais avant de mentionner les quelques faits d'ordre administratif qui doivent être consignés dans ce Rapport, je dois vous rappeler les grandes pertes que nous avons éprouvées, coup sur coup dans les premiers mois de 1910, par les décès d'Henri Dufour (Lausanne), d'Alexandre Agassiz (Cambridge, Mass.), de Stanislas Cannizaro (Rome), et tout récemment par celui d'Edouard Hagenbach-Bischoff (Bâle); notre Société s'était attaché ces savants comme membres honoraires il y a longtemps déjà, et je vous en retracerai, tout à l'heure, d'une manière bien incomplète sans doute, les belles carrières scientifiques.

AUG 7 - 1923

M. le prof. C.-E. Guye a bien voulu nous représenter aux obsèques d'Henri Dufour et nous avons fait parvenir aux familles éprouvées l'expression de votre sympathie.

Dans notre Assemblée générale du 20 janvier, M. E. Chaix a été nommé vice-président et M. F. Battelli, secrétaire. MM. R. Chodat et L.-W. Collet ont été appelés à remplacer dans le Comité de publication MM. Lullin et Yung, membres sortants et non rééligibles.

Nous ne saurions enregistrer la nomination de notre nouveau Secrétaire sans adresser nos sincères remerciements et l'expression de notre reconnaissance à son prédécesseur M. M. Gautier, qui a désiré se retirer après avoir rempli ses fonctions pendant de nombreuses années avec la plus grande distinction.

Vous avez, dans le courant de l'année écoulée, nommé membres honoraires : MM. les professeurs Otto Lehmann à Carlsruhe ; Wilhelm Ostwald à Grossbothen ; Albin Haller à Paris ; Pierre Weiss, Arnold Lang et Alfred Werner à Zurich ; Henri Blanc à Lausanne et MM. les docteurs Fritz Sarasin et Pierre Chapuis à Bâle.

M. Henri d'Auriol, membre émérite, fixé de nouveau à Genève, a repris sa place de membre ordinaire et vous avez nommé en outre au même titre MM. Roger De Lessert, Edmond Weber, Emile Briner et Humbert Cantoni.

Enfin, MM. Auguste Rilliet, Henri Lombard, Edouard Brot, Georges Baume, Ettore Cardoso et Henri Flournoy ont été reçus associés libres.

Vous avez, Messieurs, dans la première séance de l'année, accordé une subvention de 200 francs, payables en deux annuités, au Comité International de publication des tables physico-chimiques, sur la demande de M. P. Dutoit, membre de ce Comité pour la Suisse et professeur à l'Université de Lausanne. Le premier volume de cette utile publication, renfermant les données de 1910, paraîtra ce printemps.

Pour ce qui concerne les rapports extérieurs de notre Société, je vous rappellerai que des félicitations ont été envoyées à M. Louis Cailletet, membre honoraire, à l'occasion de son jubilé académique.

M. le professeur R. Chodat a été délégué à la Section de nomenclature systématique du Congrès International de Botanique, qui s'est réuni à Bruxelles en mai et M. le professeur L. Duparc au Congrès International de Géologie à Stockholm.

M. le professeur Yung et votre Président ont représenté notre Société à l'assemblée générale de la Société Vaudoise des Sciences naturelles, à laquelle nous sommes invités fort aimablement chaque année, et qui se réunissait cette fois à Lavey.

La Société Valaisanne des Sciences naturelles, la Murithienne, fêtait au mois d'août son cinquantenaire à l'Hospice du Grand St-Bernard où elle a été fondée ;

nous avons tout particulièrement tenu à nous associer à la célébration de l'anniversaire de cette Société qui a toutes nos sympathies et à apporter, à cette occasion, à notre sœur cadette vos félicitations pour le passé et vos bons vœux pour l'avenir.

Vos délégués M. E. Chaix et votre Président, ainsi que quelques collègues qui s'étaient également rendus à l'Hospice, y ont trouvé le plus charmant accueil de la part du Président, M. le chanoine Besse, des membres de la Murithienne et des religieux du Grand St-Bernard; ils ont rapporté le meilleur souvenir de cette intéressante réunion. M. le professeur R. Gautier, également délégué à cette fête, a été malheureusement empêché, au dernier moment, de se joindre à nous.

M. Arnold Pictet, remplaçant M. Chaix délégué à cet effet, et votre Président, ont représenté notre Société à la Session annuelle de la Société Helvétique des Sciences naturelles qui a eu lieu à Bâle au commencement de septembre. Un fait important pour nous, doit être mentionné dans ce Rapport; le Comité central de la Société Helvétique passant à Genève dès le 1er janvier 1911, a été constitué à la Session de Bâle, de MM. Edouard Sarasin comme président, Robert Chodat comme vice-président et Philippe-Auguste Guye comme secrétaire. C'est pour Genève un grand honneur de posséder de nouveau pour six ans le Comité central, et sa composition nous est un sûr garant que la Société Helvétique, dont nous allons, dans quelques années, célébrer à Genève le centenaire, continuera à être en bonnes mains; aussi est-ce avec le plus grand plaisir que vos délégués ont constaté l'unanimité avec laquelle la proposition faite pour la présidence, dans notre précédent exercice, a été ratifiée. Le nouveau Comité central peut compter sur la bonne volonté de tous les membres de notre Société, toutes les fois qu'il pourrait avoir besoin de leur concours.

Le compte rendu des sessions de la Société Helvétique, ne paraîtra plus dorénavant dans les « Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève », mais seulement dans les publications de la Société; de chaleureux remerciements ont été transmis à la direction des Archives pour la peine prise jusqu'à présent à ce sujet; les sections de physique et de chimie continueront toutefois à utiliser cet organe pour les comptes rendus de leurs sessions.

Vous avez décidé à titre d'essai, dans la séance du 3 mars, de remettre gratuitement aux auteurs, qui le désireront, 50 tirages à part de leurs communications, avant même qu'elles paraissent dans les procès-verbaux publiés par les « Archives »; ces tirages portent la date de la séance dans laquelle la communication a été faite et le numéro des « Archives » dans lequel elle paraîtra; cette facilité a déjà été utilisée cette année par quelques-uns de nos collègues. La direction des « Archives » a mis la plus grande bonne volonté à s'entendre avec nous dans ce but et accélérera autant que possible la publication de nos procès-verbaux.

Enfin, les auteurs de communications faites à notre Société, ont été invités à faire pour les comptes rendus annuels, qui sont envoyés à un grand nombre de sociétés savantes, des résumés un peu complets, en profitant de la latitude qui leur est accordée d'utiliser 3 pages d'impression; ceci afin que les comptes rendus puissent être consultés avec utilité et reflètent, d'une manière aussi exacte que possible, notre activité scientifique.

Nous avons reçu dans le courant de l'année les publications suivantes :

De M. C. de Candolle : *Table alphabétique des noms des personnes mentionnées dans les Mémoires et Souvenirs d'Augustin-Pyramus de Candolle.*

De M. B.-P.-G. Hochreutiner : *Monographia generis Arthroclianthi.*

De la famille de Stanislas Cannizaro : *La Scienza e la Scuola,* discours prononcé par notre regretté membre honoraire à l'occasion de l'attribution qui lui avait été faite par la Société Royale de Londres, de la médaille Coopley.

De M. le Dr J. Briquet : le premier volume de son *Prodrome de la Flore corse,* résultats botaniques de six voyages exécutés en Corse sous les auspices de M. Emile Burnat.

De M. R. de Saussure : *Exposé résumé de la géométrie des feuillets,* par lui-même et *Etude analytique de la géométrie des feuillets de M. René de Saussure,* par M. R. Bricard.

Voici enfin la liste des publications faites par notre Société pendant l'année 1910.

Compte rendu des séances de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, t. 36, 1909.

Mémoires : volume 36; fascicule 2 renfermant : *Exposé résumé de la géométrie des feuillets,* par M. René de Saussure et le *Rapport du Président pour 1909,* M. le Dr John Briquet. — Volume 36, fascicule 3 : *Les minéraux des Pegmatites des environs de Antsirabé à Madagascar,* par MM. L. Duparc, M. Wunder et R. Sabot.

Enfin, le fascicule 4 et dernier du volume 36 renfermant le mémoire de M. Léon-W. Collet sur les *Hautes Alpes calcaires entre Arve et Rhône,* vient de paraître.

M. F.-Louis Perrot, notre dévoué secrétaire correspondant, nous fait remarquer, dans son Rapport, que le volume 36 est le 3me qui ait paru depuis le nouveau système consistant à présenter nos mémoires par fascicules; ce mode de faire a donné plus d'homogénéité extérieure à notre principale publication; il assure une plus prompte distribution des mémoires et en fixe la date précise.

Nous avons encore à mentionner deux échanges nouveaux de nos « Comptes rendus », avec la *Société Tessinoise des Sciences naturelles* et avec le *Museum für Natur- und Heimatskunde,* à Magdebourg.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

HENRI DUFOUR

1852-1910

Henri Dufour, professeur de physique et de météorologie à l'Université de Lausanne, Directeur de l'Institut météorologique du canton de Vaud, est décédé à Lausanne, le 8 février 1910 en pleine carrière professorale, après avoir souffert, ces dernières années, d'une maladie qui avait, à plusieurs reprises déjà, donné de sérieuses inquiétudes à sa famille et à ses amis.

Dufour était né à Morges le 12 octobre 1852, et il avait été initié à la physique, dans sa ville natale, par Charles Dufour. Après avoir pris ses premiers grades à l'Académie de Lausanne, il se rendit à Zurich pour y suivre les cours de l'Ecole Polytechnique fédérale et de l'Université, puis à Leipzig. En 1874, à 22 ans, il débutait dans l'enseignement auquel il devait se vouer complètement, en remplaçant, au Collège de Vevey, le professeur Oettli, mais l'année suivante il obtenait un congé pour se rendre à Paris suivre les cours de la Sorbonne et du Collège de France, afin de compléter ses connaissances. Louis Dufour, son maître à Lausanne, puis Mascart à Paris, eurent sans doute une grande influence sur la direction qu'il donna, dans la suite, à ses travaux scientifiques.

Rentré à Lausanne, il fut chargé du premier cours d'électricité statique à l'Académie, puis en 1871 il fut nommé professeur suppléant de feu Louis Dufour, pour reprendre ensuite, avec le titre de professeur extraordinaire, l'enseignement complet de la physique et enfin, en 1879, à la suite d'un concours pour lequel il présenta ses « Recherches sur quelques points relatifs aux mouvement des gaz dans les corps poreux », il fut nommé professeur ordinaire; il a occupé ces fonctions à l'Université de Lausanne jusqu'à sa mort, avec la plus grande distinction et a su y conquérir l'estime et la reconnaissance de bien des générations d'étudiants.

Quoique d'une santé délicate, Henri Dufour ne se contentait pas de remplir consciencieusement ses fonctions universitaires, déjà bien absorbantes, il enseignait

encore dans maints établissements secondaires et institutions privées et il faisait de nombreuses conférences pour mettre ses concitoyens au courant des nouveautés scientifiques et des grandes découvertes qui firent époque pendant sa carrière.

Henri Dufour s'occupait en outre de météorologie: il fut appelé à faire partie de la Commission fédérale de Météorologie en 1882 et installa, quelques années plus tard, la station météorologique du Champ de l'air, dont il fut nommé directeur. Il a aussi, à ce titre, été très utile à son canton en instituant un service rural de météorologie.

Les travaux scientifiques auxquels se livra Henri Dufour appartiennent donc soit aux différentes branches de la physique, soit à la météorologie; ils ont été communiqués à la Société Vaudoise des Sciences naturelles, à la Société Helvétique et aussi à notre Société de Physique et d'Histoire naturelle; ils ont fait l'objet de nombreux mémoires dont les plus importants ont paru, entre autres, dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève.*

En physique, les recherches de Dufour sur les rayons X ont été particulièrement remarquées; il constata, en effet, indépendamment de Benoist, Hurmuzescu et de Righi, la décharge des corps électriques sous l'influence des rayons X; le phénomène de l'ionisation a fait l'objet de travaux exécutés avec M. le Dr Rosselet, sur l'ionisation par les rayons ultra-violets et les rayons Rœntgen, dont les résultats ont été communiqués peu de temps après la mort de Dufour; ces expériences ont montré que l'ionisation par les rayons ultra-violets diffère non seulement par son intensité, mais aussi par sa nature de l'ionisation par les rayons X.

Dufour fit aussi des recherches sur les rayons secondaires émis par les corps exposés au rayonnement de substances radioactives, sur la fluorescence invisible, sur la déperdition de l'électricité sous l'action de radiations lumineuses, sur la radioactivité de l'air des mines de Bex, sur l'analyse spectrale des liquides colorés, sur les distances explosives d'étincelles électriques, etc., etc.; parmi ses publications relatives à la physique, nous citerons encore son étude du « phénomène de la recoloration des Alpes après le coucher du soleil » publiée dans les *Archives* et ses « Leçons de physique expérimentale ».

Comme météorologiste, Henri Dufour a laissé aussi un certain nombre de travaux concernant la climatologie, sur les orages, la grêle, les arcs-en-ciel et l'électricité atmosphérique et enfin ses relevés actiniques, d'après les observations faites avec la collaboration de M. Bührer dans diverses stations vaudoises.

On doit encore à l'ingéniosité et à l'habileté mécanique de Dufour la construction ou le perfectionnement de quelques appareils de physique, tels, en particulier, un baromètre enregistreur, un thermomètre différentiel de démonstra-

tion, un nouvel hygromètre à condensation et un appareil destiné à produire les figures de Lissajous.

Henri Dufour était membre honoraire de notre Société depuis 1883 et, entre autres nombreuses distinctions, il avait été nommé « Docteur honoris causa » de notre Université à l'occasion du 25me anniversaire de son entrée dans l'enseignement supérieur; il ne comptait parmi nous que des amis qui, non seulement l'avaient en haute estime comme savant, mais encore admiraient la conscience avec laquelle il remplissait les multiples fonctions de sa profession, l'élévation de son caractère et sa grande modestie; aussi est-ce avec le plus grand regret que notre Société a appris la fin prématurée de cet homme distingué, qui a fait honneur à son pays et avec la plus sincère sympathie qu'elle s'est associée au deuil de sa famille.

ALEXANDRE AGASSIZ[1]

1835-1910

Alexandre Agassiz, Professeur et Directeur du Musée de Zoologie comparée à l'Université de Harvard, membre honoraire de notre Société depuis 1880, est décédé le 27 mars 1910, à la suite d'une maladie de cœur, à bord de l'« Adriatic », qui le ramenait en Amérique après un voyage en Europe.

Il était né à Neuchâtel le 17 décembre 1835 et était fils du célèbre naturaliste, Louis Agassiz, mort en 1873 à Cambridge (Mass.), dont la Société helvétique des Sciences naturelles a célébré, il y a trois ans, le centenaire à Motier.

Alexandre Agassiz quitta sa patrie d'origine en 1849 pour les Etats-Unis, son père s'était lui-même rendu à Boston trois ans auparavant, bien loin de supposer que la chaire qu'il occupait à l'Académie de Neuchâtel, serait emportée par une révolution et qu'il allait, lui et sa famille, se fixer définitivement en pays étranger.

Après avoir étudié la chimie et l'art de l'ingénieur au Collège de Harvard, le jeune Agassiz obtint son diplôme d'ingénieur, mais il avait hérité de son père l'amour de l'histoire naturelle et il voulait s'y consacrer tout entier; l'exemple de Louis Agassiz, souvent à court d'argent et obligé de solliciter le concours pécu-

[1] Je dois une partie des indications renfermées dans cette notice à l'obligeance de M. le Prof. Dr C Loring Jackson, de Cambridge. (Mass.) F. R.

niaire des autres, pour mener à chef ses vastes entreprises scientifiques, l'engagea à chercher d'abord à amasser assez de capitaux pour assurer le succès et l'indépendance des recherches qu'il avait en vue; il y réussit au delà de toute espérance, en jetant ses regards du côté des mines de cuivre, qu'il pressentait, à juste titre, pleines de promesses. Il visita les principales villes de Californie, puis celles de la région du Lac Supérieur, qui retinrent son attention et il acheta, avec son beau-frère, M. Quincy A. Shaw, les mines de Calumet et Hecla, qu'il avait jugées spécialement intéressantes; après beaucoup de peine, grâce à sa grande énergie et à son talent administratif, il eut la satisfaction de les voir devenir parmi les plus productives du monde et de se procurer ainsi une très grande fortune qu'il sut employer, selon le but qu'il s'était proposé et de la manière la plus intelligente, au profit de la science. Il réalisa d'abord le rêve de son père en fournissant au Musée de Cambridge les ressources nécessaires pour son développement et il dota largement l'Université de Harvard dont il fut un des grands bienfaiteurs; ses dons dépassèrent, dit-on, un million de livres sterling. Il fit en outre les frais d'un grand nombre d'expéditions qui avaient pour objectif l'étude des îles et récifs coralliens, et de la faune des grandes profondeurs; il entretint pendant de nombreuses années le premier laboratoire américain de zoologie marine qui fut fondé chez lui, à Newport (Rhode Island); il fit bien d'autres donations et, enfin, des legs qui feront survivre sa grande générosité pour la science.

Agassiz avait été nommé assistant, en 1861, au Musée de Zoologie comparée de l'Université de Cambridge et en 1874 il avait succédé à son père comme directeur, poste qu'il conserva jusqu'en 1898.

Après avoir visité les mines de cuivre du Pérou et du Chili, ce qui lui donna, entre autres, l'occasion de rapporter au Muséum une belle collection d'antiquités péruviennes, Agassiz fit une exploration au Lac Titicaca, puis les nombreuses expéditions océanographiques qu'il entreprit et qui le font considérer comme le pionnier de la thalassographie, le conduisirent de 1877 à 1879 à bord du « Blake » sur la Mer du Mexique, aux Caraïbes, sur les côtes de la Floride et des îles de Bahama; ce fut à bord d'un autre navire dont le nom l'« Albatros » est devenu également célèbre, qu'il fit en 1899-1900, sa plus grande expédition autour des îles de l'Océan Pacifique. Il avait étudié, entre temps, la faune de surface du Gulf Stream, visité les îles Sandwich, l'Australie, les îles Fidji, les îles Maldives, etc.

Les études faites dans ces expéditions ont permis, en particulier, à Agassiz de se rendre compte des grands mouvements qui se sont produits dans le fond du Pacifique à une époque géologique relativement rapprochée, ce qui est mis en évidence par les nombreux bancs de corail qu'il a décrits.

L'étude du matériel rapporté de ses expéditions et les observations qui y furent

faites, sont consignées dans un grand nombre de mémoires et de très belles publications touchant toutes les branches de l'histoire naturelle.

Agassiz fut un grand zoologiste et le principal représentant en Amérique de la biologie marine; c'est à ce titre qu'il fut appelé en Ecosse, pour aider Wyville Thomson à classer les collections rapportées par le « Challenger » de son grand voyage d'exploration des mers profondes.

Ses recherches embryologiques, l'étude des formes larvaires, ses travaux sur les Astéries, les Oursins et les Holothuries ont été fort remarqués; il a constaté des phénomènes de génération alternante compliquée chez certains Annélides, ce qui avait fait classer dans trois genres différents les trois formes, neutre, mâle et femelle, d'une même espèce.

Agassiz a laissé aussi des travaux remarquables d'icthyologie.

Son activité scientifique lui valut un grand nombre de distinctions honorifiques qu'il serait trop long d'énumérer ici, disons cependant qu'il était Associé étranger de l'Académie des Sciences.

Un des biographes d'Agassiz attribue la valeur de cet homme distingué à l'éducation sérieuse et soignée, tout à la fois suisse et allemande (sa mère était Allemande, et sœur du célebre botaniste Alexandre Braun), qu'il reçut dans son enfance et à l'énergie qu'il acquit ensuite au contact américain; il était tellement cosmopolite, ajoute-t-il, que si quelqu'un a jamais mérité le titre de « citoyen du monde », ce fut lui.

Le nom d'Alexandre Agassiz restera certainement inscrit dans les annales des sciences, comme celui d'un savant qui a grandement contribué par son activité personnelle et ses libéralités judicieuses à l'avancement des sciences naturelles.

STANISLAS CANNIZARO [1]

1826-1910

Stanislas Cannizaro, Sénateur du Royaume d'Italie et Professeur de chimie à l'Université de Rome, fut tout à la fois un patriote dévoué et un grand savant; décédé à Rome le 10 mai 1910, cet illustre chimiste était né à Palerme en 1826 et appartenait à une famille de magistrats.

[1] Une intéressante notice nécrologique sur Cannizaro, due à la plume de M. Armand Gautier, membre de l'Institut, et à laquelle nous avons emprunté quelques-uns des faits relevés dans ces lignes, a paru dans le Bulletin de la Société chimique de France, du 5 août 1910.

Cannizaro fit ses premières études dans sa ville natale, mais avant de s'orienter définitivement du côté de la chimie, à laquelle il devait rendre des services considérables, il suivit des cours de médecine, de littérature et de mathématiques, puis la chimie physiologique, sous l'influence de son maître et ami Fodéra, l'attira plus particulièrement et en 1845, comme il se familiarisait avec la physique au laboratoire de Melloni à Naples, Piria qui était alors professeur de chimie à Pise, vint lui offrir une place d'assistant dans son laboratoire de l'Université.

Sa voie était choisie, mais les événements politiques devaient le ramener de nouveau, en 1847, dans sa patrie, où nous le trouvons officier d'artillerie à Messine et prenant part à la révolution contre les Bourbons; c'est alors qu'il fut élu député de Francavilla dans le Parlement Sicilien dont il était le plus jeune membre; la révolution ayant été vaincue et lui-même ayant été condamné à mort, il dut chercher asile à l'étranger et vint se réfugier en France où il mit à profit son exil pour étudier les industries chimiques du midi et de Lyon, puis il se rendit à Paris où il fut admis dans le laboratoire de Chevreul; la fréquentation de savants tels que Dumas, Cahours, Wurtz, Peligot, Malagutti, etc., eut sans doute une grande influence sur la direction de ses travaux futurs.

En 1851, le gouvernement piémontais l'appelait à Alexandrie comme professeur de chimie, de physique et de mécanique au Collège national auquel il resta attaché pendant quatre ans; en 1855 c'est à Gênes que nous le trouvons en qualité de professeur de chimie à l'Université et en 1861 à Palerme comme professeur de chimie minérale et organique.

Quelques années plus tard, lorsque l'Italie fut unifiée et que les destinées de cette nation furent confiées à un nouveau gouvernement, Cannizaro fut appelé à la chaire de chimie de l'Université de Rome, il fut nommé membre du Conseil d'Etat extraordinaire chargé d'étudier les institutions de la nouvelle Italie et membre du Sénat dont il fut l'un des vice-présidents.

Toutes les étapes de cette carrière si mouvementée, ont été marquées par des travaux importants dans le domaine de la chimie organique et expérimentale ou dans celui de la chimie théorique. C'est ainsi que, dans le laboratoire de Chevreul, Cloez et Cannizaro étudièrent ensemble l'action du chlorure de cyanogène sur l'ammoniaque et les amines, qu'ils préparèrent les premiers, la cyanamide et qu'ils reconnurent que la mélamine de Liebig n'était autre que l'amide de l'acide cyanurique.

Plus tard, à Alexandrie, Cannizaro continuait ses recherches sur les cyanamides et commençait celles qui le conduisirent à la découverte des alcools aromatiques; il constatait, en effet, la transformation, par la réaction qui porte son nom, de l'aldéhyde benzoïque en acide benzoïque et alcool benzylique; en continuant

cette importante étude, il découvrait ensuite les homologues de l'alcool benzylique, les alcools toluique, anisique, etc., ce qui permettait de saisir les relations des divers hydrocarbures aromatiques entre eux et avec les composés oxygénés de la série aromatique; les principaux mémoires sur ce sujet furent publiés à Gênes.

Parmi les travaux les plus connus et les plus remarqués de Cannizaro, nous devons mentionner, en outre, ceux qu'il exécuta avec son élève Sestini, sur la santonine (vermifuge retiré des fleurs d'une artemisia) et les relations qu'il découvrit entre ses dérivés et les composés de la série du naphtalène.

Ces recherches ainsi que celles qui ont trait aux alcools aromatiques, et bien d'autres encore, ont été de longue haleine et ont fait l'objet d'un grand nombre de mémoires, mais ce qui a sans doute le plus contribué à rendre célèbre le nom de Cannizaro et à le faire classer parmi les fondateurs et les représentants les plus autorisés des théories modernes de la chimie organique, ce sont ses conceptions théoriques développées dans son « Résumé d'un cours de philosophie chimique fait à l'Université royale de Gênes » et dans divers mémoires.

Ce résumé, devenu classique, a en effet paru à une époque où la question des poids atomiques et des poids moléculaires venait de donner lieu à un certain flottement chez les chimistes et avait même provoqué des discussions si vives que l'illustre chimiste Laurent, quelques années avant cette publication, avait pu prétendre dans son langage imagé, que « si le matin on enfermait deux chimistes, le soir on n'en retrouverait que les extrémités, tant ils auraient mis de férocité à s'entredévorer[1] ! »

La scission engendrée par les débats passionnés auxquels se livraient alors les hommes de science, risquait fort d'entraver ou de ralentir les progrès de la chimie, aussi devons-nous une grande reconnaissance à Cannizaro d'avoir su démontrer sur quelles considérations on devait s'appuyer pour la détermination, sûre et inattaquable, de ces bases de notre système chimique; il sut éliminer, avec la plus grande logique et d'une manière irréfutable, la contradiction apparente entre la loi d'Avogrado et celle de Dulong et Petit, et montrer que l'on devait suivre la première pour la détermination du poids moléculaire et la seconde pour celle du poids atomique; il a ainsi, le premier, fait saisir les différences qui existent entre la molécule et l'atome, ainsi que les rapports entre les poids relatifs et en expliquant en même temps les phénomènes de la dissociation, il a écarté le dernier obstacle à l'application complète et exacte des deux lois.

L'œuvre de Cannizaro a donc été des plus fécondes au point de vue du développement de la chimie moderne pour lequel il est, à juste titre, considéré comme

[1] Albert Colson, *Essor de la chimie appliquée*, p. 34.

l'émule de Kékulé, et son influence a été grande, non seulement dans sa patrie, qui lui doit toute une école distinguée de chimistes, mais encore dans les autres pays.

Nous ne saurions terminer cette trop rapide esquisse d'une vie si remarquable, sans rappeler que Cannizaro avait succédé à de Marignac, comme membre correspondant de l'Académie des Sciences de l'Institut de France et que notre Société se l'était attaché, comme membre honoraire, en 1892, lors du Congrès pour la nomenclature chimique, qui réunit, dans notre ville, les représentants les plus en vue de la chimie organique.

EDOUARD HAGENBACH-BISCHOFF

1833-1910

Avec Hagenbach-Bischoff, l'un de nos plus anciens membres honoraires (nommé en 1869), a disparu à Bâle, la veille de Noël, une des figures les plus sympathiques et les plus respectées parmi les savants suisses; c'était aussi le plus populaire, dans le bon sens du mot, des hommes politiques de son canton.

Né à Bâle, le 20 février 1833, il était petit-fils de Charles-Frédéric Hagenbach, professeur d'anatomie et de botanique et fils de Charles-Rodolphe, professeur de théologie et historien ecclésiastique; il avait hérité d'eux, l'amour de la Science.

Après avoir fait ses études universitaires successivement à Bâle, Genève, Berlin et Paris, Edouard Hagenbach revint se fixer dans sa ville natale; il avait été promu docteur en philosophie en 1855 déjà, et débuta dans la carrière professorale par l'enseignement de la physique à l'école réale supérieure; il donna ensuite un cours de mathématiques à l'Université, puis fut nommé en 1863, professeur de physique comme successeur de Gustave Wiedemann; il occupa cette chaire, de la manière la plus distinguée, jusqu'en 1906, et lorsque l'âge l'eût contraint à l'abandonner, il eut tout au moins la joie de la voir attribuée à son fils Auguste; quatre générations de la famille Hagenbach se sont donc succédées à l'Université de Bâle pour le plus grand honneur de celle-ci.

Hagenbach était chargé du cours de physique générale et de physique mathématique; il s'est fait remarquer dans cette chaire par la grande clarté de son exposition et la méthode de son enseignement, qui était complété par les travaux de laboratoire de physique du Bernoullianum dont il avait la direction depuis 1874;

il fut doyen de la faculté de philosophie, recteur, curateur des fonds académiques; sa réputation comme professeur et physicien lui valut deux appels très honorables à Munich, que son attachement à sa ville natale et à l'Université lui fit décliner.

Les cours populaires qu'il donnait au Bernoullianum sur des sujets scientifiques étaient fort goûtés du grand public bâlois.

Tous ceux d'entre nous qui fréquentent les sessions de la Société Helvétique des Sciences naturelles, connaissaient cet homme excellent, à la parole chaude et communicative et savent quelle grande place il occupait dans le mouvement scientifique de notre pays; il avait été Président du Comité central de Bâle, de 1875 à 1880 et était Président de la Commission des glaciers; il fut aussi membre de la Commission fédérale de météorologie qu'il présida et dont il fit partie jusqu'à la dernière année de sa vie.

Malgré les multiples occupations de Hagenbach, en dehors de son professorat et dont nous dirons quelque mots plus loin, sa grande activité et une puissance de travail remarquable, lui ont permis de laisser un grand nombre de travaux scientifiques qui l'ont fait connaître et estimer comme physicien et comme savant, bien au delà de nos frontières.

Ces travaux embrassent en particulier les différents chapitres de la physique, la météorologie et l'étude des glaciers; beaucoup d'entre eux ont paru comme mémoires dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève,* et ont été communiqués à la Société Helvétique, à la Naturforschende Gesellschaft de Bâle et à la Société suisse de Physique, ainsi que dans les Congrès internationaux dans lesquels la voix de Hagenbach était fort écoutée.

Parmi ses premières publications nous trouvons en 1856, le résumé d'un important mémoire du professeur Wiedemann ayant trait au transport des liquides par le courant de la pile et à ses rapports avec l'électrolyse; un mémoire de Clausius sur la force motrice de la chaleur et les recherches photochimiques de Bunsen et Roscoe retinrent ensuite son attention, et plus tard il publia un mémoire sur les principes fondamentaux de la physique et de la mécanique.

En optique nous lui devons des travaux sur la polarisation de la couleur bleue de la lumière réfléchie par l'eau et par l'air, sur les qualités optiques de la chlorophylle, sur la fluorescence, sur les propriétés optiques du spath fluor et en acoustique sur la transmission des sons aigus par le téléphone; mais son domaine de prédilection était l'électricité, car il nous a laissé de nombreux mémoires concernant cette branche si intéressante de la physique, parmi lesquels nous citerons, pour commencer, son étude des machines électromagnétiques et ses recherches sur l'induction unipolaire et les rotations électromagnétiques; des expériences sur la durée de charge de l'électricité dans les fils télégraphiques lui permirent en 1889

de constater, par une méthode spéciale qu'il avait appliquée sur les lignes de Bâle-Lucerne et de Bâle-Olten, que cette durée est proportionnelle aux carrés des longueurs. Il étudia aussi les phénomènes hertziens et publia (avec Zehnder) un mémoire sur la nature des étincelles dans les oscillations électriques de Hertz; les effets de soupape qui accompagnent les décharges électriques dans les gaz très raréfiés, furent l'objet de ses investigations (avec Veillon). Il s'occupa des effets de l'induction dans les lignes télégraphiques et du transport à distance de l'énergie électrique.

Nous devons encore à Hagenbach des recherches, sur lesquelles il est revenu à plusieurs reprises, et ayant pour but de déterminer la viscosité des liquides, une méthode mathématique appliquée à la détermination de l'acide carbonique dans le phénomène de la respiration, des expériences faites avec des obus sphériques de fonte sur les explosions par congélation, ainsi que des travaux sur les rayons Rœntgen appliqués aux recherches chirurgicales.

Hagenbach était, à juste titre, considéré comme une autorité dans l'étude des glaciers et nous rappellerons à cette occasion les expériences qu'il fit, avec Forel, pour déterminer la température de la glace dans l'intérieur du glacier, et les mémoires intéressants qu'il publia sur le grain du glacier.

Enfin la position de Directeur de l'Observatoire de Bâle qu'il occupa longtemps, l'a conduit à communiquer plusieurs observations météorologiques concernant, entre autres, l'électricité atmosphérique, les météores et les tremblements de terre.

Cette nomenclature, nécessairement incomplète et bien imparfaite, ne donne sans doute qu'une faible idée de l'activité scientifique du savant qui a fait honneur à son pays, mais ce rappel des services rendus par Hagenbach à la science, pendant sa belle et longue carrière, ne doit cependant pas nous faire oublier le rôle très important qu'il a joué dans son canton, comme citoyen dévoué aux affaires publiques.

Membre du Grand Conseil depuis 1867 jusqu'à sa mort, il recommanda dès 1875, à l'occasion de la revision bâloise, l'introduction du scrutin proportionnel qui n'entra cependant en vigueur à Bâle-ville que 20 ans plus tard et dont il était l'apôtre bien convaincu. Hagenbach n'était inféodé à aucun parti; il était aimé et respecté de tous, car s'il savait défendre son opinion avec fermeté, il était aussi animé d'un grand esprit de tolérance envers celle des autres; l'indépendance de son caractère, sa justice et sa libéralité étaient bien connues.

Toujours prêt à se dévouer et à servir sa patrie, il fut membre ou présida un grand nombre de Sociétés ou de commissions poursuivant des buts utiles au développement des institutions de notre pays, qu'il serait trop long d'énumérer ici; sa

grande bonté et sa complaisance inépuisable étaient gracieusement mises au service de tous ceux qui pouvaient avoir besoin d'y recourir, aussi ce robuste vieillard, à l'esprit toujours jeune et plein d'enthousiasme, était-il l'homme le plus considéré de Bâle, et fut-il conduit à sa dernière demeure par une foule recueillie et reconnaissante.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

Nous avons entendu, dans les 16 séances qui nous ont réunis cette année, 53 communications sur des sujets divers dont voici, pour chacune des sciences qu'elles concernent, un résumé sommaire.

Mathématiques et Astronomie.

M. R. DE SAUSSURE a répondu à une question posée par M. le Prof. Cailler à l'occasion d'une de ses précédentes communications. Il s'agissait de savoir si la forme fondamentale de la géométrie des feuillets (pentasérie linéaire) était unique. Il est très probable, d'après l'examen de la question qu'en a fait M. de Saussure, que, dans l'espace, la pentasérie est bien la seule forme définie par sept positions arbitraires d'un corps solide.

LE MÊME auteur, dans un exposé relatif aux corps solides opposés, nous a montré les conditions qu'il faut réaliser pour passer de la géométrie réglée à celle des systèmes de corps solides.

M. PIDOUX nous a parlé de la comète de Halley, de son passage dans le voisinage de la terre et des prévisions que l'on pouvait faire sur le moment de son arrivée à la plus courte distance de notre planète.

Physique.

M. L. DE LA RIVE nous a fait une communication sur la solidarité magnétique des molécules des aimants, qu'il a démontrée par une expérience permettant de constater l'influence d'une orientation magnétique donnée à un disque de carton

sur lequel est disposée une rangée de petites boussoles serrées les unes contre les autres.

Le même auteur nous a parlé des expériences qu'il a faites sur les oscillations d'un pendule dans un train en marche; il a pu constater que l'accélération et le ralentissement donnent lieu à une modification notable de la position d'équilibre du pendule.

M. le Prof. C.-E. Guye et M. Ratnowsky ont soumis à la critique expérimentale les formules de Lorentz et d'Abraham sur la variation d'inertie des électrons, par une méthode due à M. Guye et caractérisée par le fait que les rayons cathodiques suivent des trajectoires identiques dans des champs semblables; ils ont conclu à la supériorité de la formule de Lorentz.

M. C.-E. Guye nous a communiqué, en outre, qu'il a pu, avec la collaboration de M. A. Tscherniawsky, mesurer sans difficulté une tension de 70,000 volts environ, avec un électromètre sous pression de son invention.

M. Th. Tommasina, pour faire suite à ses travaux antérieurs sur la physique de la gravitation universelle, nous a lu les notes 27 à 37 du sujet dont il a entrepris l'étude; il nous a, dans ces communications, entretenus plus spécialement des chapitres suivants : interprétation mécanique de la masse électro-magnétique; rôle de l'interprétation physico-mécanique des faits; des causes et effets de l'accélération séculaire du moyen mouvement de la lune; les deux sources primaires, l'une constante, l'autre variable, de forces centrifuges; continuité nécessaire de l'accélération séculaire du moyen mouvement des planètes; découverte du moyen pour établir le sens de concavité de l'orbite du soleil d'après les variations périodiques des vitesses planétaires vraies; les marées et le rapport actuel entre les vitesses de rotation et de révolution de la terre; l'élémentarquantum et la théorie électronique de l'éther; la théorie électro-magnétique de la polarisation et de la dissociation électrolytique; correction d'une erreur d'interprétation de la répulsion solaire de la queue des comètes et ses conséquences, et enfin, irréductibilité des lois du train d'ondes aux lois du rayon élémentaire.

On trouvera, dans les comptes rendus de notre Société, le développement de ces diverses notes, dont un résumé sommaire ne pourrait donner qu'un aperçu trop imparfait.

M. le Dr E. Briner a fait part à plusieurs reprises, à notre Société, de recherches effectuées en collaboration avec M. le Dr Wroczynski sur l'action chimique de pressions élevées. Des réactions chimiques ont été constatées dans les mélanges gazeux NO—HCl, NO—SO_2, NO—CH^3Cl, etc., et, grâce à l'emploi d'un compresseur dû à une généreuse subvention de la Société auxiliaire des Sciences et des Arts de Genève, la décomposition de gaz tels que NO, CO, CN, a été réalisée par

une élévation suffisante de la pression, dans des conditions où ces gaz étaient réputés stables. Il résulte de ces recherches que l'action de la pression est d'autant plus efficace que le système est plus éloigné de son équilibre le plus stable; cependant, dans certains cas, lorsque l'édifice moléculaire est très stable, il faudra, pour opérer la décomposition, joindre à l'action de la pression une élévation de température capable de désagréger la molécule.

M. BRINER a également discuté devant nous la question si controversée des faux équilibres chimiques. Si certains effets chimiques des pressions élevées paraissent plutôt militer en faveur de la réalité des faux équilibres, il convient cependant, selon lui, à cause de la complexité des phénomènes, d'attendre de nouveaux résultats avant de se prononcer définitivement sur ce point.

M. E. CARDOSO nous a exposé la méthode qu'il a élaborée, avec la collaboration de MM. ARNI et BELL, pour la détermination des constantes critiques des gaz, méthode qui présente, dans sa technique, plusieurs perfectionnements nécessaires pour sa plus grande exactitude.

Chimie.

M. A BACH nous a exposé les résultats d'une série de recherches ayant trait à la théorie des oxydases, recherches au cours desquelles il a, en particulier, pu constater que, contrairement aux idées de Bertrand, des oxydases ne renfermant ni fer, ni manganèse peuvent cependant être très actives.

M. CANTONI nous a parlé, dans deux communications, des recherches faites par M. G. PATERNO DI SESSA sur la diazotation des fluorhydrates de bases aromatiques. Il a été constaté qu'il ne se forme pas le fluorure de diazo correspondant, mais le diazoamido, aux propriétés duquel une formule symétrique répondrait bien.

LE MÊME a présenté, également au nom de M. PATERNO, une note sur la cryoscopie du fluorhydrate et du chlorhydrate d'aniline en employant de l'eau, de l'acide chlorhydrique ou de l'acide fluorhydrique; les résultats obtenus montrent que l'on ne peut déduire aucune propriété différentielle entre les sels d'aniline en question.

Les recherches de M. le Prof. Ph.-A. GUYE et de M. BOUBNOFF sur la stabilité du chlorure de nitrosyle aux basses températures ont montré l'existence probable, dans celui-ci, d'une combinaison qui n'est déjà plus stable à —107°, ce qui empêche d'en utiliser la synthèse pour contrôler le poids atomique du chlore. M. Ph.-A. Guye nous a décrit, à cette occasion, la technique spéciale et très délicate qui a dû être employée pour ce travail.

L'action de l'acide sulfurique concentré sur quelques nitramines aromatiques a fait l'objet de deux communications de M. Fréd. Reverdin. La réaction qui se passe dans les cas étudiés donne lieu à la formation simultanée de produits d'oxydation et de produits de réduction; ces derniers étant des nitrosamines, on comprend pourquoi certaines nitramines donnent d'une manière inattendue la réaction caractéristique de Liebermann pour les nitrosamines.

Géologie, géographie physique.

M. L.-W. Collet nous a communiqué, au nom de M. Montagnier, les observations faites par ce voyageur un mois après l'éruption du Chinyero à Ténériffe, qui a eu lieu en novembre 1909. Le point particulier et très nouveau de ces observations porte sur la morphologie des rejets. M. Collet qui a étudié avec M. A. Brun les matériaux récoltés au Chinyero, nous a annoncé que la présence de sels de fluor a été constatée dans les sels des fumerolles, et celle du chlore libre dans les lapillis du magma neuf provenant du sommet du volcan.

M. le Prof. Ch. Sarasin a présenté à notre Société, au nom de Mlle de Tsytovitch, une étude de la géologie des environs de Chésery, dans la vallée de la Valserine, étude qui a permis de relever une erreur d'interprétation des deux cartes géologiques existantes de cette région.

A titre de contribution à l'étude géo-physique de notre région, M. E. Chaix nous a parlé de l'incohérence du bassin de Genève au point de vue hydrographique et en particulier de la capture de Theiry, cas intéressant de transformation par capture, du drainage périphérique en drainage centripète.

La géologie de Madagascar et les gisements de pierres précieuses de cette île, ont fait le sujet d'une communication de M. le Prof. L. Duparc; il nous a parlé de la région des pegmatites d'*Antsirabé* qu'il a visitée l'an dernier et dont il a rapporté un matériel considérable et nous a donné connaissance des premiers résultats de son étude faite avec la collaboration de MM. Wunder et Sabot. Cet important travail a été complété depuis et a paru dans nos Mémoires en un fort beau volume.

Les gisements de cuivre de Sysserskaja Datcha ont été décrits par M. le Prof. L. Duparc qui a eu l'occasion de les étudier dernièrement; il nous a parlé à ce propos d'une méthode simple exploitée dans cette région, pour le traitement des minerais pauvres; cette méthode qui consiste à extraire le cuivre sous forme de sulfate pour le réduire ensuite, donne dans le cas particulier un bon résultat.

M. A. Brun nous a rendu compte de sa récente exploration du volcan des îles Sandwich, le Kilauea, exploration au cours de laquelle il a pu étudier la composition de l'exhalaison volcanique paroxysmale et constater qu'elle déshydratait l'atmosphère environnante. Cette étude lui a permis de démontrer irréfutablement la sécheresse absolue des gaz volcaniques au paroxysme et de trancher définitivement la question controversée de la présence ou de l'absence de l'eau dans les phénomènes volcaniques en faveur de l'opinion qu'il défendait avec persévérance depuis plusieurs années.

Météorologie.

M. Georges Wulff, de Moscou, nous a fait une communication, illustrée par quelques planches explicatives, sur l'influence de la pression de la lumière solaire sur la pression barométrique de l'atmosphère terrestre; tenant compte des travaux de P. Lébédeff, d'après lesquels les molécules gazeuses sont sensibles à l'action de la pression de la lumière, M. Wulff nous a montré, comme conséquence immédiate de ce fait, que la lumière solaire exerce une action sur notre atmosphère, action qui est mise en évidence par la marche de la pression barométrique dans ses diverses manifestations.

Une série de graphiques météorologiques comparatifs, dressés d'après les travaux des observatoires de Genève et du Grand St-Bernard, nous a été présentée par M. E. Chaix. Ces tableaux qui concernent 4 mois de l'hiver et de l'été 1907, permettent de se rendre facilement compte des différences climatiques (vent, saturation, nébulosité, précipitations et températures) qui existent entre ces deux stations ainsi que de la variabilité et de l'amplitude différente des éléments météorologiques suivant les saisons.

Botanique.

M. le Dr J. Briquet a étudié l'organisation et les affinités du genre « Morisia », crucifère endémique tyrrhénienne; il nous en a décrit la géocarpie caractéristique et nous a fait part de son opinion que cette particularité, quoique d'ordre biologique, contribue à l'isoler des genres voisins.

Quelques intéressantes et nouvelles observations sur des fossiles de l'ère paléozoïque nous ont été communiquées par M. le Prof. R. Chodat; elles lui ont permis, entre autres, d'identifier un tronc de la collection de fossiles de l'Institut botanique de notre Université, comme provenant d'un Lépidodendron étudié précédemment par Bower.

La question si controversée de l'origine des Spermaphytes a fait, en outre, l'objet d'une étude de M. le Prof. CHODAT qui avait déjà traité ce sujet dans une revue critique, et qui a pu étendre ses recherches à diverses Cycadacées provenant du jardin botanique de Lisbonne.

Zoologie.

M. R. DE LESSERT nous a parlé de la distribution géographique des araignées en Suisse, dont la faune est très riche et très variée, grâce à la présence, d'une part, d'éléments méridionaux (Valais, Tessin et vallées méridionales des Grisons), et, d'autre part, d'éléments septentrionaux (Alpes).

M. le Prof. E. YUNG nous a exposé le résultat des observations faites dans son laboratoire, par M^lle^ LIPSKA, sur les effets de l'inanition chez les infusoires, étudiés en particulier avec des individus de l'espèce *Paramecium caudatum*, pris dans des conditions naturelles ou dans des cultures in vitro.

LE MÊME nous a rendu compte des expériences qu'il a exécutées pour déterminer le degré de sensibilité des Gastéropodes terrestres à l'action de la lumière, et a démontré que les yeux des escargots et des limaces ne leur sont d'aucun usage au point de vue visuel.

Les nouvelles recherches sur la variation des Papillons, que M. Arnold PICTET nous a communiquées à deux reprises, l'ont amené à diverses conclusions sur la provenance de l'albinisme et du mélanisme partiels. Le fait, qui semble général parmi les animaux, que le mélanisme est signe de vigueur, tandis que l'albinisme dénote un affaiblissement de l'organisme, est confirmé en une certaine mesure par ces intéressants travaux, qui montrent encore que le mélanisme et l'albinisme proviennent souvent d'une simple augmentation ou d'une simple diminution de la taille des écailles.

M. PICTET nous a en outre parlé, dans deux autres séances, de ses recherches sur l'origine de la couleur bleue et de la couleur blanche chez les Lépidoptères; d'après lui, la première est produite chez les Lycaena par un pigment bleu. Le phénomène de décomposition des radiations lumineuses, dû à la structure striée des écailles, qui est du reste général à tous les Lépidoptères, même les plus colorés, joue également un rôle dans la production de cette couleur.

Quant à la couleur blanche des Piérides, elle est aussi due à un pigment blanc. Chez les Papillons devenus albinisants, elle est souvent produite par le fait que leurs écailles se sont bombées, et qu'au lieu de décomposer les radiations de la lumière, comme le font les écailles plates, elles absorbent l'ensemble de ces radiations et réfléchissent la lumière blanche.

Physiologie.

Mlle STERN nous a entretenus des résultats de recherches faites avec M. le Dr BATTELLI sur l'oxydation de certaines combinaisons par les tissus animaux; elle nous a parlé, en premier lieu, de l'oxydation de l'alcool et des aldéhydes, d'où il résulte, en particulier, que le foie fait subir à ces deux composés une oxydation due à un ferment pour lequel les auteurs proposent le nom d'alcooloxydase. Puis Mlle Stern nous a exposé que l'acide succinique est aussi oxydé par les tissus animaux et que la rapidité de cette oxydation, pour laquelle la présence de cellules ou de débris cellulaires est indispensable, est excessivement grande.

D'autre part, les recherches faites par les DEUX MÊMES auteurs, dans le but d'éclaircir le rôle que jouerait la catalase dans les oxydations de l'organisme animal nous ont été communiquées par M. le Dr BATTELLI.

M. le Prof. J.-L. PREVOST nous a parlé des expériences qu'il a faites, avec la collaboration de M. SALOZ, sur les contractions des bronches étudiées chez des mammifères et des tortues; les principales expériences ont eu trait à la contraction bronchique provoquée par action réflexe à la suite de l'excitation de diverses parties et par électrisation du nerf crural.

M. H. FLOURNOY nous a rendu compte de ses recherches sur l'inhibition des muscles et du réflexe patellaire; l'excitation du bout central du nerf sciatique inhibe le triceps de la même patte, en sorte que le réflexe patellaire ne peut plus avoir lieu; en outre, si le muscle se trouve en état de contraction tonique, il peut se relâcher immédiatement.

Psychologie.

Quelques intéressantes remarques sur le contrôle des médiums et sur les difficultés qu'il présente pour être à l'abri de toute fausse interprétation, nous ont été soumises par M. le Prof. E. CLAPARÈDE qui a attiré notre attention sur les principales causes d'erreurs susceptibles de fausser ce contrôle et qu'il faut prévoir pour éviter d'en être la victime.

Il n'y a eu cette année que deux séances spéciales de biologie dans lesquelles M. Herbert GANS a fait deux conférences, la première *sur la disparition des oiseaux* et la seconde *sur les moyens de protection des oiseaux migrateurs.*

SUPPLÉMENT

A LA

LISTE DES INSTITUTIONS SCIENTIFIQUES

AVEC LESQUELLES LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

FAIT ÉCHANGE DE PUBLICATIONS[1]

(Voir liste parue en 1905, vol. 35, pag. 29.)

Nom de l'institution.	Siège.	Titre des publications.	Cote de la Bibl. pub. de Genève.
Naturforschende Gesellschaft Baselland	Liestal.	Thätigkeitsbericht	Ma 510
Schw. Landesbibliothek	Berne.		
Società ticinese di scienze naturali	Lugano.	Bollettino	Ra 598
Société des sciences de Nancy	Nancy.	Bulletin des séances	Ra 645
Società italiana per il progresso delle scienze	Rome.	Atti	Ra 796
Société scientifique de Varsovie	Varsovie.	Comptes rendus des séances	Ra 812
		Travaux	Ra 811
Academia Polytechnico	Porto.	Annaes scientificos	Ra 465
Nassauischer Verein für Naturkunde	Wiesbaden.	Jahrbücher	Ma 556
Museum für Natur- und Heimatkunde	Magdeburg.	Abhandlungen und Berichte	Ra 779
Gulf biologic Station Cameron (Louisiana)	Bâton-rouge	Bulletin	Ma 544
Department of Interior	Manila.	Philippine journal of science (section A : General science	
		» C : Botany)	Ra 722
Société de botanique	Genève.	Bulletin	Mc 479
Sociedade scientifica de Sao Paulo	Sao-Paulo.	Revista	Ra 815
Université égyptienne	Le Caire.		
The Australian Museum	Sydney.	Records; Monograph.	

[1] La Société de physique et d'histoire naturelle de Genève faisant cession, suivant convention, à la Bibliothèque publique de la Ville de Genève, des ouvrages qui lui arrivent par voie d'échange, la présente liste renferme en regard de chacune des publications le numéro matricule sous lequel elle est cotée à la dite bibliothèque.

TABLEAU DES MEMBRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Mars 1911.

I° MEMBRES ORDINAIRES RESIDANT A GENEVE

Date de réception.		
1861	MM.	*Casimir* DE CANDOLLE, botaniste.
1863		*Lucien* DE LA RIVE, physicien.
1865		*Arthur* ACHARD, ingénieur.
1868		*Jean-Louis* PREVOST, médecin.
1869		*Edouard* SARASIN, physicien.
1869		*Ernest* FAVRE, géologue.
1873		*Emile* ADOR, chimiste.
1873		*William* BARBEY, botaniste.
1874		*Adolphe* D'ESPINE, médecin.
1874		*Eugène* DEMOLE, chimiste.
1876		*Théodore* TURRETTINI, ingénieur.
1876		*Pierre* DUNANT, médecin.
1880		*Auguste-H.* WARTMANN, médecin.
1882		*Gustave* CELLÉRIER, mathématicien.

1883 MM. *Raoul* GAUTIER, astronome.
1884 *Maurice* BEDOT, zoologiste.
1887 *Amé* PICTET, chimiste.
1888 *Robert* CHODAT, botaniste.
1889 *Alexandre* LE ROYER, physicien.
1889 *Louis* DUPARC, géologue-minéralogiste.
1889 *F.-Louis* PERROT, physicien.
1889 *Eugène* PENARD, zoologiste.
1889 *Charles-Eugène* GUYE, physicien.
1890 *Paul* VAN BERCHEM, physicien.
1890 *André* DELEBECQUE, ingénieur.
1890 *Théodore* FLOURNOY, psychologue.
1890 *Albert* BRUN, minéralogiste.
1890 *Emile* CHAIX, géographe.
1892 *Charles* SARASIN, paléontologiste.
1892 *Philippe-A.* GUYE, chimiste.
1893 *Charles* CAILLER, mathématicien.
1893 *Maurice* GAUTIER, chimiste.
1893 *John* BRIQUET, botaniste.
1894 *Paul* GALOPIN, physicien.
1897 *Frédéric* REVERDIN, chimiste.
1897 *Théodore* LULLIN, physicien.
1897 *Arnold* PICTET, zoologiste.
1898 *Justin* PIDOUX, astronome.
1898 *Auguste* BONNA, chimiste.
1900 *Emile* FREY-GESSNER, entomologiste.
1900 *Augustin* DE CANDOLLE, botaniste.
1902 *F.-Jules* MICHELI, physicien.
1902 *B.-P.-Georges* HOCHREUTINER, botaniste.
1902 *Alexis* BACH, chimiste.
1902 *Thomas* TOMMASINA, physicien.
1902 *Frédéric* BATTELLI, médecin.
1903 *René* DE SAUSSURE, physicien.
1903 *Emile* YUNG, zoologiste.
1904 *Edouard* CLAPARÈDE, psychologue.
1904 *Eugène* PITTARD, anthropologiste.
1905 *Louis* BARD, médecin.
1905 *Edouard* LONG, médecin.

1905 MM. *Johan* CARL, entomologiste.
1905 *Adrien* JAQUEROD, physicien.
1907 *Hector* CRISTIANI, médecin.
1907 *Prosper* DE WILDE, chimiste.
1907 *Charles* DU BOIS, médecin.
1908 Mlle *Lina* STERN, physiologiste.
1908 MM. *Auguste* ETERNOD, médecin.
1909 *Léon-W.* COLLET, géologue.
1909 *Etienne* JOUKOWSKY, géologue.
1902 *Henri* D'AURIOL, chimiste.
1910 *Roger* DE LESSERT, zoologiste.
1910 *Edmond* WEBER, zoologiste.
1910 *Emile* BRINER, physicien.
1910 *Humbert* CANTONI, chimiste.

2° MEMBRES ÉMÉRITES

1863 MM. *Henri* DOR, médecin, Lyon.
1869 *Raoul* PICTET, physicien, Berlin.
1893 *J.-M.* CRAFTS, chimiste, Boston.
1897 *David* SULZER, ophtalmologue, Paris.
1898 *Franz* DUSSAUD, physicien, Paris.
1902 *Emile* BURNAT, botaniste, Vevey.
1902 Mlle *Catherine* SCHEPILOFF, médecin, Moscou.
1908 MM. *Etienne* RITTER, géologue, Colorado Springs.
1908 *Edouard* BUGNION, entomologiste, Lausanne.

3° MEMBRES HONORAIRES

1849 MM. *Charles* BRUNNER DE WATTENWYL, Vienne.
†1869 *Félix* PLATEAU, Gand.
1870 *Ernest* CHANTRE, Lyon.
1871 *Pierre* BLASERNA, Rome.
1872 *Samuel-H.* SCUDDER, Cambridge (Mass.).

1874 MM. *François-A.* FOREL, Morges.
1875 *J.-Norman* LOCKYER, Londres.
1884 *Louis* CAILLETET, Paris.
1884 *Albert* HEIM, Zurich.
1887 *Théophile* STUDER, Berne.
1887 *Eilhardt* WIEDEMANN, Erlangen.
1889 *Ludwig* RADLKOFER, Munich.
1892 *Hermann* EBERT, Munich.
1892 *Adolphe* VON BAEYER, Munich.
1892 *Emile* FISCHER, Berlin.
1892 *Emile* NOELTING, Berlin.
1892 *Adolphe* LIEBEN, Vienne.
1892 *Maurice* HANRIOT, Paris.
1892 *Léon* MAQUENNE, Paris.
1892 *Arthur-Rudolf* HANTZSCH, Leipzig.
1892 *Auguste* MICHEL-LÉVY, Paris.
1894 *Joseph* HOOKER, Sunningdale.
1894 *Ch.-Edouard* GUILLAUME, Sèvres.
1894 *Kristian* BIRKELAND, Christiania.
1894 *Jakob* AMSLER-LAFOND, Schaffhouse.
1894 Sir *William* RAMSAY, Londres.
1898 MM. *Auguste* RIGHI, Bologne.
1899 *Wladimir* LOUGUININE, Moscou.
1900 *Hendrik-Antoon* LORENTZ, Leyde.
1900 *H.* NAGAOKA, Tokio.
1902 *Johannès* COAZ, Berne.
1903 *Walthère* SPRING, Liège.
1903 *René* BLONDLOT, Nancy.
1907 *Charles* GRÆBE, Francfort.
1910 *Otto* LEHMANN, Karlsruhe.
1910 *Wilhelm* OSTWALD, Grossbothen (Saxe).
1910 *Fritz* SARASIN, Bâle.
1910 *Pierre* CHAPUIS, Bâle.
1910 *Pierre* WEISS, Zurich.
1910 *Arnold* LANG, Zurich.
1910 *Henri* BLANC, Lausanne.
1910 *Alphonse* WERNER, Zurich.
1910 *Albin* HALLER, Paris.

4° ASSOCIÉS LIBRES

1864 MM. *James* ODIER.
1867 *Charles* MALLET.
1872 *Agénor* BOISSIER.
1872 *Lucien* DE CANDOLLE.
1873 *Edouard* DES GOUTTES.
1876 *William* FAVRE.
1879 Sir *Augustus* PREVOST.
1890 MM. *Alexis* LOMBARD.
1890 *Louis* PICTET.
1891 *Gustave* ADOR.
1891 *Edouard* MARTIN.
1892 *Edmond* PACCARD.
1892 *David* PACCARD.
1892 *Edmond* EYNARD.
1893 *Edmond* FLOURNOY.
1894 *Georges* FRÜTIGER.
1894 *Aloïs* NAVILLE.
1897 *Edouard* BERANECK.
1897 *Emile* VEILLON.
1899 *Guillaume* PICTET.
1903 *Georges* DARIER.
1905 *Henry* FATIO.
1905 *Edmond* TURRETTINI.
1906 *John-L.* ALBARET.
1909 *Herbert-E.* GANS.
1910 *Auguste* RILLIET.
1910 *Henri* LOMBARD, docteur.
1910 *Edouard* BROT.
1910 *Georges* BAUME.
1910 *Ettore* CARDOSO.
1910 *Henri* FLOURNOY.
1911 *André* CHAIX.

MODIFICATIONS AU RÈGLEMENT

DE LA

Société de Physique et d'Histoire naturelle

DE

GENÈVE

Dans sa séance du 2 mars 1911, la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, a décidé de modifier comme suit les anciens articles 38 et 41 de son Règlement. (Voir le Règlement : vol. 36, page 1 et suivantes.)

ART. 38. — Les *Comptes-rendus* donnent un résumé des communications faites à la Société. Afin d'en assurer l'exactitude, les auteurs sont tenus de remettre au secrétaire un extrait de leur travail à la séance ou dans les huit jours qui la suivent. Passé ce délai le titre seul de la communication sera imprimé. Chaque auteur a droit à trois pages d'impression par séance; l'espace nécessaire à des figures n'est pas compris dans ces trois pages, mais ne peut pas dépasser une page.

Sur leur demande, les auteurs recevront gratuitement cinquante tirages à part de leur résumé. Une fois le tirage à part imprimé, ils ne peuvent pas introduire de changement dans la rédaction de leur note.

ART. 41 (il y est ajouté un quatrième alinéa, en ces termes :)
Les membres ordinaires et les associés libres reçoivent les comptes-rendus.

Erratum.

Vol. 36, page 7 (art. 34 du Règlement) ligne 8 à partir du bas, lisez article 31 et non pas 25.

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de deux collections complètes de ses *Mémoires*. (Tomes 1-36 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. : au Museum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXVII (1884-1910). Prix Fr. 25

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896) Prix . . . . . Fr. 4

Imprimerie Albert Kundig, Genève.

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 37

Fascicule 2. — (Aout 1911)

Sur la notion de Courbure et sur quelques points de Géométrie infinitésimale non-euclidienne

par C. CAILLER

Avec 18 figures.

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine.

Prix : 5 fr.

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 2, VOLUME 37

Page

Sur la notion de Courbure et sur quelques points de Géométrie infinitésimale non-euclidienne, par M. C. Cailler (avec 18 figures) 29

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 37, FASCICULE 2

SUR LA NOTION DE COURBURE

ET SUR

QUELQUES POINTS DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE NON-EUCLIDIENNE

PAR

C. CAILLER

(Avec figures dans le texte).

Dans les pages suivantes, je me propose d'établir la définition et les propriétés principales de la Courbure en Géométrie non-euclidienne, et cela par une méthode générale, applicable aussi bien au plan de Lobatchewski qu'à celui de Riemann. Cette méthode, on le verra ci-après, s'étend même avec la plus grande facilité aux surfaces réglées et permet de définir, pour celles-ci, une quantité complexe possédant vis-à-vis des surfaces un rôle identique à celui que joue, pour les courbes planes, la courbure ordinaire.

Toutefois les deux cas principaux de Riemann et de Lobatchewski présentent nécessairement quelques différences peu essentielles; ce serait se condamner à des redites que de vouloir les traiter l'un et l'autre dans tous leurs détails. En Géométrie riemannienne, le problème de la courbure n'offre aucune difficulté, l'identité de cette Géométrie avec la sphérique euclidienne rend les résultats évidents et presque intuitifs. Il en est différemment pour la Géométrie de Lobatchewski; les diverses modalités que présente alors la notion de courbe constituent une complication fort gênante. On sait en effet que la courbe, envisagée comme lieu ponctuel ou

tangentiel, peut être réelle ou idéale et présente de ce chef une grande variété d'aspects. Il en résulte que si on veut passer du cas normal d'une courbe réelle et ponctuelle, pour lequel les théorèmes peuvent être regardés comme immédiats, aux autres cas, on s'égare bien vite. L'analogie foncière des phénomènes se trouve dissimulée sous la diversité des éléments géométriques qui en sont tour à tour les agents pour ainsi dire. Le vrai moyen de rétablir l'unité consiste évidemment à donner d'abord la définition de la courbure sous une forme strictement algébrique, puis à déterminer après coup les diverses interprétations dont les formules sont susceptibles. Cette tâche est la seule que nous ayons à entreprendre, et elle n'est point aussi aisée qu'il peut paraître d'emblée.

J'opère la réduction du point de vue géométrique au point de vue analytique, en étudiant en premier lieu la Cinématique du plan rigide. Le grand avantage de ce mode d'exposition est qu'il rattache les unes aux autres, d'une manière organique, les questions les plus variées de Géométrie infinitésimale, celle de courbure, de développées, de roulement des courbes planes ou des surfaces réglées, etc. Si la théorie qu'on va lire est encore, par places, un peu abstraite, je crois du moins avoir réussi à supprimer toute difficulté sérieuse.

Il vaut la peine de rappeler d'ailleurs que le développement de la Géométrie non-euclidienne, même dans ses parties lointaines, n'a pas seulement un intérêt de pure curiosité. Bien souvent, en effet, les faits se manifestent dans la Géométrie non-euclidienne avec une régularité plus complète que dans le cas limite de la Géométrie euclidienne. Et comme la symétrie est un principe de classification et de découvertes, le passage par l'espace non-euclidien a servi bien des fois à pénétrer plus avant dans la science de l'espace ordinaire, ou encore à relier entre eux des faits restés longtemps disjoints.

C'est ainsi que dans la seconde partie de ce travail, la Géométrie hyperbolique réglée se présente avec un caractère frappant de simplicité sous l'aspect d'une sorte de planimétrie imaginaire. Il s'en faut que la Géométrie euclidienne réglée, quoique contenue dans l'autre comme cas particulier, offre au même degré cet avantage; la supposition d'un module infini altère les phénomènes, trouble ou détruit la symétrie, engendre les exceptions. Il est donc utile d'étudier d'abord la théorie, en Géométrie hyperbolique, à son état de pureté. On sera ensuite mieux à même de comprendre le cas plus important, mais moins régulier, de la Géométrie ordinaire.

Le lecteur voudra bien aussi remarquer les rapports établis au paragraphe IV entre les diverses formules de la courbure euclidienne, suivant le système adopté pour les axes coordonnés. La ressemblance remarquable que possèdent ces formules, quelle que soit la nature des coordonnées employées, linéaires ou tangentielles, polaires, rectangulaires ou podaires, ne s'explique d'une manière satisfaisante que

par un retour à la formule unique de la Géométrie hyperbolique, dont les premières sont une simple dégénérescence.

§ 1. Invariant de deux points infiniment voisins.

Commençons par un lemme algébrique. Soient X, Y, Z, trois fonctions des trois lettres x, y, z, ou si on veut un champ de vecteurs dans l'espace euclidien. Quelles doivent être ces fonctions, pour que, 1 et 2 désignant deux points quelconques du champ, on ait toujours l'identité

$$X_1 x_2 + X_2 x_1 + Y_1 y_2 + Y_2 y_1 + Z_1 z_2 + Z_2 z_1 = 0 \ ? \qquad (1)$$

Si le champ possède cette propriété, on aura $X = 0$, $Y = 0$, $Z = 0$, quand on se place à l'origine $x = y = z = 0$. Cette conséquence se tire de l'équation (1) en mettant 2 à l'origine et laissant 1 indéterminé.

En outre quand on identifie les points 1 et 2, notre formule donne

$$X_1 x_1 + Y_1 y_1 + Z_1 z_1 = 0 \ , \qquad (2)$$
$$X_2 x_2 + Y_2 y_2 + Z_2 z_2 = 0 \ , \qquad (3)$$

puis, en combinant (1), (2) et (3),

$$(X_1 - X_2)(x_1 - x_2) + (Y_1 - Y_2)(y_1 - y_2) + (Z_1 - Z_2)(z_1 - z_2) = 0 \ .$$

Si enfin, dans cette dernière, nous supposons 1 quelconque, et 2 infiniment voisin de 1, si autrement dit, nous posons

$$x_2 = x_1 + dx_1 \ , \quad y_2 = y_1 + dy_1 \ , \quad z_2 = z_1 + dz_1 \ ,$$
$$X_2 = X_1 + dX_1 \ , \quad Y_2 = Y_1 + dY_1 \ , \quad Z_2 = Z_1 + dZ_1 \ ,$$

il vient en effaçant un indice inutile

$$dX dx + dY dy + dZ dz = 0 \ . \qquad (4)$$

Il existe donc toujours trois indéterminées p, q, r telles que

$$\left.\begin{aligned} dX &= q dz - r dy \ , \\ dY &= r dx - p dz \ , \\ dZ &= p dy - q dx \ . \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Mais les conditions d'intégrabilité montrent que p dépend seulement de x, q de y, et r de z; en outre leurs dérivées p', q', r' devant vérifier les équations

$$p' + q' = q' + r' = r' + p' = 0 \ ,$$

p', q', r' sont nulles, et p, q, r sont constants. En résumé, puisque X, Y, Z sont nulles à l'origine, on aura

$$X = qz - ry \ , \quad Y = rx - pz \ , \quad Z = py - qx \ , \tag{6}$$

et ces valeurs vérifient bien la relation (1), quelles que soient les constantes p, q, r. Nous désignerons le plus souvent par (qz), (rx), (py) les déterminants des seconds membres de (6) ; par suite (1) est résolu par les formules

$$X = (qz) \ , \quad Y = (rx) \ , \quad Z = (py) \ .$$

Soient maintenant ξ, η, ζ, les coordonnées homogènes d'un point du plan de Lobatchewski, et $f(\xi, \eta, \zeta)$, la forme fondamentale de la Géométrie hyperbolique. On peut toujours supposer, comme on sait, $f = \xi^2 - \eta^2 - \zeta^2$; mais ce choix particulier ne devant entraîner aucune simplification, nous laisserons f indéterminé et nous admettrons simplement que le discriminant Δ de cette forme est positif. Tout ceci s'applique au plan elliptique en prenant $f = \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2$, et $\Delta = 1$.

Ne quittons pas le premier cas, f est décomposable en un carré positif et deux négatifs. Nous admettrons que si un point $P(\xi, \eta, \zeta)$ se meut dans le plan hyperbolique, ses coordonnées changent, mais non pas $f(\xi, \eta, \zeta)$ qui restera constant. La valeur de cette constante pourrait changer d'un point à un autre ; mais nous ferons presque toujours la convention inverse en stipulant que pour tous les points réels on a $f = +1$, tandis que l'équation $f = -1$ caractérisera les points idéaux. Enfin les points à l'infini, étant placés sur la conique fondamentale, donnent $f = 0$; ces derniers points sont exceptionnels et nous n'aurons presque jamais à en parler.

Ces diverses conventions étant bien précisées, l'invariant de deux points 1 et 2, avec les diverses interprétations géométriques que comporte cet invariant suivant la nature réelle ou idéale des éléments 1 et 2, est donné par la formule

$$f_{12} = \frac{1}{2}\left(\xi_2 \frac{\partial f}{\partial \xi_1} + \eta_2 \frac{\partial f}{\partial \eta_1} + \zeta_2 \frac{\partial f}{\partial \zeta_1}\right) = \frac{1}{2}\left(\xi_1 \frac{\partial f}{\partial \xi_2} + \eta_1 \frac{\partial f}{\partial \eta_2} + \zeta_1 \frac{\partial f}{\partial \zeta_2}\right) . \tag{7}$$

En particulier, si nos points sont infiniment rapprochés, on affectera plutôt le second de l'indice $1'$, en posant $\xi_2 = \xi' = \xi_1 + \Delta\xi_1$, ... ; moyennant quoi l'invariant s'écrit, l'indice étant supprimé comme superflu,

$$f_{11'} = \frac{1}{2}\sum \frac{\partial f}{\partial \xi}(\xi + \Delta\xi) = f_{11} + \frac{1}{2}\sum \frac{\partial f}{\partial \xi}\Delta\xi \ .$$

Mais $\Delta\xi$ est donné par le développement $d\xi + \frac{1}{2} d^2\xi + \dots$, et f étant constant, on a identiquement

$$df = \sum \frac{\partial f}{\partial \xi} d\xi = 0 \ ,$$

ainsi

$$f_{11'} = f_{11} + \frac{1}{4} \sum \frac{\partial f}{\partial \xi} d^2\xi \ .$$

Cette formule se réduit encore, car de $df = 0$, on tire par différentiation l'identité

$$\sum \frac{\partial f}{\partial \xi} d^2\xi + \sum d\xi d \cdot \frac{\partial f}{\partial \xi} = 0 \ ;$$

ainsi donc

$$f_{11'} = f_{11} - \frac{1}{4} \sum d\xi d \cdot \frac{\partial f}{\partial \xi} = f_{11} - \frac{1}{2} f_{d\xi, d\xi} \ . \qquad (8)$$

La notation $f_{d\xi, d\xi}$ veut dire que dans la forme f les variables ordinaires ξ, η, ζ ont été remplacées par $d\xi, d\eta, d\zeta$.

Voici dès lors les diverses significations de cette quantité $f_{d\xi, d\xi}$, telles qu'elles résultent de la formule (8).

Les points 1 et 1′ étant infiniment voisins, si l'un est réel, l'autre l'est aussi, et si le premier est idéal le deuxième l'est pareillement. On n'a donc que trois cas à considérer.

1° P est réel, et par suite $f_{11} = +1$. Alors δ mesurant la distance infiniment petite de nos deux points et k le module de la Géométrie hyperbolique, nous avons

$$f_{11'} - f_{11} = ch \frac{\delta}{k} - 1 = \frac{\delta^2}{2k^2} \ .$$

donc

$$f_{d\xi, d\xi} = -\frac{\delta^2}{k^2} \ . \qquad (9)$$

2° Le point P, ou 1, est idéal ainsi que 1′. Ce cas se subdivise en deux autres suivant que la ligne de jonction 11′ rencontre ou non le cercle de l'infini. Nous nous plaçons ici dans la première hypothèse qui s'énonce : *11′ est une droite réelle.*

Dans le cas actuel les droites figuratives de 1 et 1′ sont non sécantes entre elles et admettent la droite 11′ comme perpendiculaire commune. Si δ représente

de nouveau la longueur infiniment petite de cette perpendiculaire commune, on aura cette fois

$$f_{11'} - f_{11'=1} \quad ch\frac{\delta}{k} = -\frac{\delta^2}{2k^2} .$$

ou

$$f_{d\xi,\,d\xi} = +\frac{\delta^2}{k^2} . \tag{10}$$

3° Le point P reste idéal, 1′ aussi, mais leur ligne de jonction est elle-même idéale, c'est-à-dire ne rencontre pas le cercle de l'infini.

Dans le réel 1 et 1′ deviennent deux droites sécantes, et si i désigne l'inclinaison infiniment petite d'une de ces droites sur l'autre, on a maintenant

$$f_{11'} - f_{11} = 1 \quad \cdot \cos i = \frac{i^2}{2} .$$

et

$$f_{d\xi,\,d\xi} = -i^2 . \tag{11}$$

§ 2. Mouvement infiniment petit d'un plan sur lui-même.

Dans le déplacement instantané d'un plan sur lui-même, l'invariant de deux points quelconques, désignés par les numéros 1 et 2, ne change pas. Si donc ξ, η, ζ deviennent pendant le mouvement $\xi + d\xi$, $\eta + d\eta$, $\zeta + d\zeta$, les valeurs $d\xi$, $d\eta$, $d\zeta$ qui dépendent de ξ, η, ζ, doivent vérifier identiquement la relation

$$df_{12} = \frac{1}{2}\sum\left(\frac{\partial f_{22}}{\partial \xi_2}\,d\xi_1 + \frac{\partial f_{11}}{\partial \xi_1}\,d\xi_2\right) = 0 . \tag{12}$$

Les notations à double indice, f_{11} ou f_{22}, représentent comme ci-devant les variables $\xi_1, \ldots$ ou $\xi_2, \ldots$ en fonction desquelles s'exprime la forme f.

Pour résoudre l'équation (12), désignons par Δ et g le discriminant et la forme adjointe de f, et soient X, Y, Z les variables qui entrent dans l'adjointe g. Ecrivons les équations

$$d\xi = \frac{1}{2\Delta}\frac{\partial g}{\partial X} , \quad d\eta = \frac{1}{2\Delta}\frac{\partial g}{\partial Y} , \quad d\zeta = \frac{1}{2\Delta}\frac{\partial g}{\partial Z} , \tag{13}$$

qui se lisent aussi

$$X = \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\xi} , \quad Y = \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\eta} , \quad Z = \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\zeta} , \tag{14}$$

les dérivées partielles telles que $\dfrac{\partial f}{\partial d\xi}$ étant celles de la forme $f_{d\xi,\,d\xi}$.

Si on substitue dans (12) les valeurs (13) de $d\xi_1, \ldots d\xi_2, \ldots$ en fonction de $X_1, \ldots, X_2, \ldots$, cette formule se transforme en

$$\sum \left(\frac{\partial f_{11}}{\partial \xi_1} \frac{\partial g_{22}}{\partial X_2} + \frac{\partial f_{22}}{\partial \xi_2} \frac{\partial g_{11}}{\partial X_1} \right) = 0 . \qquad (12')$$

Mais on a identiquement

$$\sum \frac{\partial f_{11}}{\partial \xi_1} \frac{\partial g_{11}}{\partial X_1} = 4\Delta (\xi_1 X_1 + \eta_1 Y_1 + \zeta_1 Z_1) ,$$

par suite en dédoublant

$$\sum \left(\frac{\partial f_{11}}{\partial \xi_1} \frac{\partial g_{22}}{\partial X_2} + \frac{\partial f_{22}}{\partial \xi_2} \frac{\partial g_{11}}{\partial X_1} \right) = 4\Delta (\xi_1 X_2 + \xi_2 X_1 + \ldots) .$$

La condition (12), ou son équivalente (12'), prend ainsi la forme

$$X_1 \xi_2 + X_2 \xi_1 + Y_1 \eta_2 + Y_2 \eta_1 + Z_1 \zeta_2 + Z_2 \zeta_1 = 0 , \qquad (15)$$

pour laquelle nous avons obtenu le théorème du § 1. D'après ce lemme nos auxiliaires X, Y, Z s'expriment, au moyen de trois paramètres auxiliaires, comme suit

$$X = (q\zeta) , \quad Y = (r\xi) , \quad Z = (p\eta) ; \qquad (16)$$

telles sont les valeurs à porter dans les formules (13) ou (14) pour obtenir les composantes $d\xi$, $d\eta$, $d\zeta$ du déplacement d'un point quelconque de notre plan rigide non-euclidien.

Il est aisé de reconnaître dans ces diverses équations l'équivalent des règles connues, en particulier celle concernant le centre instantané de rotation. Remarquons à cet effet que les auxiliaires X, Y, Z introduites ci-dessus, dans la formule (14) par exemple, ne sont autre chose que les coordonnées homogènes de la normale à la trajectoire décrite par le point $P(\xi, \eta, \zeta)$.

En effet, lorsqu'un mobile $Q(\Xi, H, Z)$ se déplace en restant à égale distance de deux centres fixes $P_1(\xi_1, \ldots)$ et $P_2(\xi_2, \ldots)$, autrement dit quand Q trace la perpendiculaire élevée au milieu du segment P_1P_2, les invariants f_{Ξ, ξ_1} et f_{Ξ, ξ_2} étant égaux, on a $f_{\Xi, \xi_2 - \xi_1} = 0$. Quand P_1P_2 est infiniment petit, la condition précédente devient

$$f_{\Xi, d\xi} = \frac{\Xi}{2} \frac{\partial f}{\partial d\xi} + \frac{H}{2} \frac{\partial f}{\partial d\eta} + \frac{Z}{2} \frac{\partial f}{\partial d\zeta} = 0 :$$

on le voit, les coordonnées homogènes de la normale ainsi tracée sont en effet proportionnelles aux quantités (14). Pour bien comprendre le calcul qui précède, il n'est pas inutile de rappeler que la notion de normale n'a de signification intuitive que

dans le seul cas où P engendre un lieu réel; mais en fait rien n'empêche ce lieu d'être idéal.

Quoi qu'il en soit, les formules (16) montrent que X, Y, Z sont aussi les coordonnées homogènes de la droite unissant le mobile $P(\xi, \eta, \zeta)$, à un point $C(p, q, r)$, fixe dans le plan. En rapprochant les deux interprétations qu'on vient de voir pour X, Y, Z, ou $\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\xi}$ .... nous obtenons le résultat connu. *A chaque instant, les normales menées aux trajectoires des différents points de la figure mobile vont passer par le centre instantané* $C(p, q, r)$.

Ce centre C peut naturellement être idéal; dans ce cas, la règle précédente signifie que toutes les normales en question sont perpendiculaires à une seule et même droite qui est, dans le réel, le représentant du point C idéal.

Il faut encore remarquer que les quantités p, q, r étant infiniment petites, les coordonnées du centre instantané $C(p, q, r)$ ne sont pas absolues; on n'a donc pas $f(p, q, r) = f_{pp} = \pm 1$. Souvent nous remplacerons p, q, r par ξ_0, η_0, ζ_0, et f_{pp} par f_{00}; nous allons voir comment cette quantité f_{00} détermine en grandeur les déplacements des points de la figure mobile que nous connaissions jusqu'ici seulement quant à la direction.

Soient toujours $P(\xi,..,)$ un point quelconque, $d\xi$ ... son déplacement, alors

$$f_{d\xi\, d\xi} = \frac{1}{2}\sum d\xi \frac{\partial f}{\partial d\xi} = \sum X d\xi \ ,$$

ou, en remplaçant les $d\xi$ par leurs valeurs (13),

$$f_{d\xi,\, d\xi} = \frac{1}{2\Delta}\sum X \frac{\partial g}{\partial X} = \frac{1}{\Delta} g(X, Y, Z) \ .$$

Employons la notation [01], pour désigner le point dont les coordonnées sont les mineurs $(y_0 z_1)$, $(z_0 x_1)$, $(x_0 y_1)$ tirés du schéma à deux lignes

$$\begin{matrix} x_0 & y_0 & z_0 \ , \\ x_1 & y_1 & z_1 \ . \end{matrix}$$

On a alors, ainsi qu'on vient de voir, d'après la signification des X, Y, Z,

$$\Delta f_{d\xi,\, d\xi} = g_{[01],\,[01]} \ ; \qquad (17)$$

or, d'après une formule connue

$$g_{[01,\,01]} = f_{00} f_{11} - f_{01}^2 \ :$$

la forme définitive de l'équation (17) est ainsi

$$\Delta f_{d\xi,\,d\xi} = f_{\xi\xi} f_{00} - f_{\xi,0}^2 \qquad (18)$$

valable comme toutes les précédentes quelle que soit la nature des points P $(\xi, \ldots)$, et C (p, q, r); ce dernier, rappelons-le, figure dans la formule par l'indice 0.

Les distinctions suivantes se présentent maintenant d'elles-mêmes.

Premier cas. C'est le plus simple, celui où le centre C est réel ainsi que P $(\xi, \ldots)$. On a alors $f_{\xi\xi} = 1$; f_{00} devant être un infiniment petit positif peut être remplacé par $d\omega^2$. En outre, d'après la signification de l'invariant de deux points, on a $f_{\xi,0} = d\omega\, ch \dfrac{\overline{CP}}{k}$; enfin nous avons vu que $f_{d\xi,\,d\xi} = -\dfrac{ds^2}{k^2}$, ds étant le petit déplacement de P. La formule (18) donne

$$\Delta \frac{ds^2}{k^2} = d\omega^2 sh^2 \frac{\overline{CP}}{k}, \qquad \text{ou} \qquad ds = k \frac{d\omega}{\sqrt{\Delta}} sh \frac{\overline{CP}}{k}, \qquad (19)$$

elle représente évidemment une rotation instantanée, autour de C, de vitesse angulaire $\dfrac{d\omega}{\sqrt{\Delta}}$.

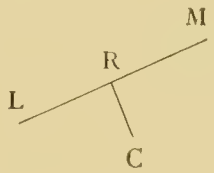


Fig. 1

Deuxième cas. Le centre instantané est toujours réel, mais P $(\xi, \ldots)$ est devenu idéal et apparaît, dans le réel, sous la forme d'une droite LM.

La règle du centre instantané signifie ceci : la droite mobile LM touche son enveloppe en R, pied de la perpendiculaire abaissée de C sur LM *(fig. 1)*. En outre, nous avons

$$f_{\xi\xi} = 1, \quad f_{00} = d\omega^2, \quad f_{\xi,0} = \pm d\omega\, sh \frac{\overline{CR}}{k},$$

et la formule donne dans le cas actuel $f_{d\xi,\,d\xi} = -di^2$, di étant l'angle dont la droite LM a tourné autour de R. Ainsi, d'après (18)

$$di = \frac{d\omega}{\sqrt{\Delta}} ch \frac{\overline{CR}}{k}. \qquad (20)$$

Troisième cas. Le point P $(\xi, \ldots)$ est de nouveau réel, tandis que le centre C est devenu idéal ; c'est, dans le réel, une droite XY le long de laquelle s'exécute un glissement instantané *(fig. 2)*.

On a donc, en désignant par PD la perpendiculaire abaissée de P sur l'axe instantané

$$f_{\xi\xi} = +1 \ , \quad f_{00} = -d\omega^2 \ , \quad f_{\xi,0} = \pm d\omega \, sh \frac{\overline{PD}}{k} \ ,$$

et d'après l'équation (10)

$$f_{d\xi,d\xi} = \frac{ds^2}{k^2} \ .$$

Finalement (18) nous donne

$$ds = k \frac{d\omega}{\sqrt{\Delta}} \, ch \frac{\overline{PD}}{k} \ ; \tag{21}$$

la grandeur du glissement élémentaire vaut donc $k \frac{d\omega}{\sqrt{\Delta}}$.

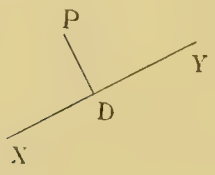


Fig. 2.

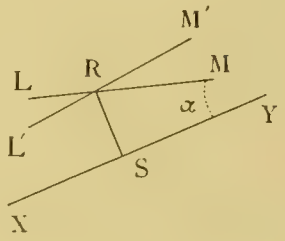


Fig. 3.

Quatrième cas. Les points C et P sont idéaux tous les deux et figurent dans le réel sous la forme de droites XY, LM dont la première est l'axe du glissement instantané *(fig. 3)*.

On a

$$f_{\xi\xi} = -1 \ , \qquad f_{00} = -d\omega^2 \ ,$$

mais $f_{\xi 0}$ a deux valeurs différentes suivant que $\overline{LM}$ rencontre ou non XY. Le cas actuel se décompose donc en deux distincts :

a) LM rencontre XY sous l'angle α. Alors

$$f_{\xi\xi} f_{00} - f_{\xi,0}^2 = d\omega^2 (1 - \cos^2\alpha) = d\omega^2 \sin^2\alpha \ .$$

D'après les formules (10) et (11), les deux positions voisines de notre droite

mobile ne peuvent se rencontrer. Si dq mesure leur plus courte distance, on sait que $f_{d\xi,d\xi} = \dfrac{dq^2}{k^2}$, et la formule (18) donne

$$dq = k\,\frac{d\omega}{\sqrt{\Delta}}\sin\alpha\ . \tag{22}$$

Il est évident que le *point central* de la droite mobile LM, c'est-à-dire le pied de la perpendiculaire commune à LM et à sa position infiniment voisine, est au point de concours de LM avec l'axe XY.

b) Les droites LM et XY ne se coupent pas, leur plus courte distance est figurée en RS *(fig. 3)*. On a $f_{\xi,0} = \pm\, ch\,\dfrac{\mathrm{RS}}{k}$, puis

$$f_{\xi\xi}f_{00} - f_{\xi,0}^2 = d\omega^2\left(1 - ch^2\frac{\mathrm{RS}}{k}\right) = -\,d\omega^2 sh^2\frac{\mathrm{RS}}{k}\ .$$

Les formules (10) et (11) nous montrent qu'ici LM rencontre forcément sa position infiniment voisine ; le contact se fait en R, sous un angle di donné par (18), sous la forme

$$di = \frac{d\omega}{\sqrt{\Delta}}\,sh\,\frac{\overline{\mathrm{RS}}}{k}\ . \tag{23}$$

Dans ce dernier cas nous avons regardé comme évident que R est le point d'intersection des droites LM, L′M′, et, en général, dans tous les autres, nous avons mentionné, sans les démontrer, les règles qui fixent la direction $d\xi$, $d\eta$, $d\zeta$ suivant laquelle se meut le point P(ξ_1 ...) réel ou idéal.

Si on ne regardait pas ces règles comme suffisamment intuitives, il serait aisé de les justifier a posteriori par le théorème que voici.

Si $P_1(\xi_1, ...)$ et $P_2(\xi_2, ...)$ sont deux éléments réels ou idéaux, $\delta\xi_1$, ... et $\delta\xi_2$, ... deux déplacements virtuels égaux effectués dans le même sens par ces éléments sur la droite qui les joint, $d\xi_1$, ... et $d\xi_2$, ... leurs déplacements réels pendant le mouvement du plan mobile, on a identiquement

$$f_{22}f_{d\xi_1,\delta\xi_1} = f_{11}f_{d\xi_2,\delta\xi_2}\ . \tag{24}$$

En effet, on trouve immédiatement

$$\left.\begin{aligned}
\delta\xi_1 &= f_{11}\xi_2 - f_{12}\xi_1\ , & \delta\xi_2 &= f_{12}\xi_2 - f_{22}\xi_1\ ,\\
\delta\eta_1 &= f_{11}\eta_2 - f_{12}\eta_1\ , & \delta\eta_2 &= f_{12}\eta_2 - f_{22}\eta_1\ ,\\
\delta\zeta_1 &= f_{11}\zeta_2 - f_{12}\zeta_1\ , & \delta\zeta_2 &= f_{12}\zeta_2 - f_{22}\zeta_1\ ,
\end{aligned}\right\} \tag{25}$$

en observant que les déplacements ainsi définis s'opèrent sur la droite P_1P_2 et donnent $\delta f_{12} = 0$. Développons alors les émanants (24) sous la forme

$$f_{d\xi_1,\,\delta\xi_1} = \sum \frac{\partial f}{\partial d\xi_1}\,\delta\xi_1 \ , \quad \text{et} \quad f_{d\xi_2,\,\delta\xi_2} = \sum \frac{\partial f}{\partial d\xi_2}\,\delta\xi_2 \ ,$$

et remplaçons-y les $\delta\xi$, ... par leurs valeurs (25) et les $\dfrac{\partial f}{\partial d\xi}$, ... par leurs valeurs (14), on obtient, au lieu de (24)

$$f_{11}f_{22}(X_1\xi_2 + X_2\xi_1 + Y_1\eta_2 + Y_2\eta_1 + Z_1\zeta_2 + Z_2\zeta_1) = 0 \ ,$$

relation identique à (15). En résumé, le théorème (24) n'est qu'une forme un peu différente des identités (12) ou (15) qui définissent le mouvement du plan sur lui-même.

Pour appliquer ce théorème (24) à la détermination des déplacements $d\xi_1$, ... il suffit de faire coïncider 2 avec l'élément invariant $C(p, q, r)$; cela fait disparaître le second membre, car $d\xi_2$, ... étant nuls, $f_{d\xi_2,\,\delta\xi_2}$ l'est aussi. On voit donc que *la série linéaire définie par le point $P(\xi_1, ...)$ et le centre C d'une part, et la série linéaire définie par les points infiniment voisins $P(\xi_1, ...)$ et $P(\xi_1 + d\xi_1, ...)$ d'autre part, ont un invariant nul.*

Si une de ces séries est une droite et l'autre un point dans le réel, la droite contient le point ; si ce sont toutes deux des droites réelles elles sont perpendiculaires ; enfin les deux séries ne peuvent pas représenter toutes les deux des points réels.

La règle précédente détermine dans tous les cas la direction du chemin infiniment petit décrit par $P(\xi_1, ...)$: elle donne des résultats conformes à ceux indiqués ci-dessus.

§ 3. Couples de Points et Formule fondamentale.

Les deux points 1 et 2 qui servaient à déterminer le mouvement du plan mobile étaient jusqu'à présent tout à fait arbitraires. Nous supposerons désormais qu'ils forment un *couple,* c'est-à-dire qu'ils sont conjugués par rapport à la conique fondamentale, ou vérifient la condition $f_{12} = 0$. Cette condition, qui correspond à celle de la perpendicularité dans la Géométrie sphérique, peut évidemment être satisfaite d'une infinité de manières ; au point de vue de la réalité, un couple 1,2 présente diverses apparences suivant la nature de ses deux composants.

Si un des composants est réel, l'autre est idéal. Mais les deux composants

peuvent être idéaux tous les deux et, dans ce cas, leur ligne de jonction est elle-même idéale.

Lorsqu'on représente un élément idéal par une droite réelle, celle-ci est la polaire du premier par rapport à la conique fondamentale. Alors, dans le premier des deux cas énumérés à l'instant, le couple est figuré dans le réel par une *flèche* (droite issue d'un point). Dans le deuxième cas, le couple se présente à nous comme un système de deux axes rectangulaires.

De toute façon, il est clair que la multiplicité des couples du plan dépend de trois paramètres. La Géométrie des couples comporte donc l'étude des monoséries et des biséries de couples, analogues aux courbes et aux surfaces de l'espace ordinaire à trois dimensions. Nous n'avons à nous occuper ici que des monoséries.

Soient deux points quelconques, d'indices α et β, nous désignerons par $[\alpha\beta]$ le point dont les coordonnées homogènes sont égales aux mineurs $(\eta_\alpha \zeta_\beta)$, $(\zeta_\alpha \xi_\beta)$, $(\xi_\alpha \eta_\beta)$ de la matrice à deux lignes

$$\xi_\alpha \quad \eta_\alpha \quad \zeta_\alpha \quad ; \qquad \xi_\beta \quad \eta_\beta \quad \zeta_\beta \quad .$$

On vérifie de suite l'identité bien connue

$$\big[\,|01|\,,\,|12|\,\big] = |012|\,[1]\ ,$$

dans laquelle 0, 1, 2 sont trois points quelconques, et où $|012|$ représente le déterminant

$$|012| = |\xi_0 \eta_1 \zeta_2| = \begin{vmatrix} \xi_0 & \eta_0 & \zeta_0 \\ \xi_1 & \eta_1 & \zeta_1 \\ \xi_2 & \eta_2 & \zeta_2 \end{vmatrix} ;$$

$[1]$ est une notation symbolique désignant le point d'indice 1.

Prenons l'identité de Lagrange sous la forme

$$g_{11} g_{22} - g_{12}^2 = \Delta f_{[12,\,12]}\ ,$$

remplaçons-y 1 par $[01]$, et 2 par $[12]$; il vient, en vertu de la réduction mentionnée à l'instant,

$$g_{[01,\,01]} g_{[12,\,12]} = g_{[01,\,12]}^2 + \Delta f_{11}\,|\xi_0 \eta_1 \zeta_2|^2\ .$$

Cette identité se simplifie en appliquant les équations connues de la théorie des formes

$$g_{[01,\,12]} = f_{01} f_{12} - f_{02} f_{11}\ , \qquad \text{et} \qquad g_{[12,\,12]} = f_{11} f_{22} - f_{12}^2\ ,$$

qui nous donnent finalement

$$[f_{11}f_{22} - f_{12}^2]\, g_{[01,01]} = (f_{01}f_{12} - f_{02}f_{11})^2 + \Delta f_{11} \mid \xi_0 \eta_1 \zeta_2 \mid^2 .$$

Pour employer ceci dans la théorie de la courbure, supposons que 1 et 2 soient les composants d'un couple, et que 0 soit le centre instantané du plan mobile solidaire du couple. Alors $f_{12} = 0$, puis, à cause de la formule (17), $g_{[01,01]} = \Delta f_{d\xi_1, d\xi_1}$, l'équation précédente prend donc la forme

$$f_{d\xi_1, d\xi_1} = \frac{1}{\Delta} \frac{f_{11}}{f_{22}} f_{02}^2 + \frac{(\xi_0 \eta_1 \zeta_2)^2}{f_{22}} . \tag{26}$$

C'est sur cette formule que reposent toutes les applications géométriques subséquentes. Elle attire d'abord l'attention par la raison suivante.

Puisqu'un couple dépend de trois paramètres α, β, γ, il est clair que les coordonnées de chacun de ses composants sont aussi des fonctions des α, β, γ. Par suite, quand le couple varie les coordonnées du centre instantané p, q, r sont des fonctions linéaires homogènes de $d\alpha$, $d\beta$, $d\gamma$, et $f_{d\xi_1, d\xi_1}$ est quadratique en $d\alpha$, $d\beta$, $d\gamma$. Ce dernier fait est bien mis en évidence par la formule (26), mais on voit de plus, d'après la constitution du second membre de cette formule, que la forme ternaire $f_{d\xi_1, d\xi_1}$ est décomposable en un produit de deux facteurs linéaires. La raison a priori de ce phénomène est facile à découvrir.

Pour fixer les idées, supposons 1 idéal et $\Delta > 0$. Alors $f_{11} = -1$; la condition $f_{d\xi_1, d\xi_1} = 0$, d'après l'équation (11) équivaut à $i^2 = 0$. Si donc le premier membre de (26) s'annule, c'est que les éléments contigus $P(\xi_1, \ldots)$ et $P(\xi_1 + d\xi_1, \ldots)$, qui sont figurés dans le réel par deux droites, sont parallèles. Or la condition d'un tel parallélisme est linéaire en $d\alpha$, $d\beta$, $d\gamma$.

En effet, si A, B, C sont les coordonnées d'une droite fixe Q, la droite mobile $P(\alpha, \beta, \gamma)$ devient parallèle à Q, quand est vérifiée une certaine relation de la forme $F(A, B, C, \alpha, \beta, \gamma) = 0$. En différentiant cette condition par rapport à α, β, γ, on exprime que les deux droites $P(\alpha, \beta, \gamma)$ et $P(\alpha + d\alpha, \beta + d\beta, \gamma + d\gamma)$ sont parallèles entre elles. Suivant qu'on tire la parallèle à l'un ou l'autre des bouts de la droite $P(\alpha, \beta, \gamma)$, on obtient deux droites $P(\alpha + d\alpha, \ldots)$, qui correspondent au double signe par lequel se différencient les facteurs de la formule (26)

$$(\xi_0 \eta_1 \zeta_2) \mp \frac{f_{02}}{\sqrt{\Delta}} .$$

§ 4. Couples conjoints. Courbure et centre de courbure.

Dans les §§ précédents on a défini le mouvement d'un plan à l'aide d'un couple de points conjugués fixés invariablement à ce plan. Particularisons désormais davantage en considérant des monoséries spéciales de couples et des catégories particulières de mouvements engendrés par ces monoséries.

Soit t le paramètre d'une monosérie. Déplaçons le couple en changeant t en $t + dt$; nous disons que le couple est *conjoint* lorsqu'un des deux composants du couple, A_2 par exemple, est le pôle du déplacement infiniment petit subi par l'autre composant A_1, et sert ainsi de représentant réel ou idéal à ce déplacement idéal ou réel. Quand la condition précédente est réalisée, elle est réciproque et A_1 est aussi le pôle du déplacement de son conjoint A_2.

La chose est évidente d'après les propriétés des polaires réciproques, mais elle résulte bien simplement aussi des calculs qui suivent et qui montrent, d'une manière nette, que les coordonnées d'un des composants sont des fonctions arbitraires de la variable t, mais que les coordonnées de l'autre composant sont dès lors complètement définies.

En effet, le point 2 doit être conjugué tant à $P(\xi_1, \eta_1, \zeta_1)$, qu'au point voisin $P(\xi_1 + d\xi_1, \ldots)$; ses coordonnées homogènes $\xi_2, \ldots$ doivent donc satisfaire les deux conditions

$$f_{12} = 0 \ , \qquad d_1 f_{12} = 0 \ , \tag{27}$$

dans la seconde desquelles d_1 marque une différentiation relative à l'indice 1. Or en différentiant la première (27), on a

$$df_{12} = d_1 f_{12} + d_2 f_{12} = 0 \ ;$$

ainsi les formules (27) qui expriment que 2 est conjoint de 1, se lisent aussi

$$f_{21} = 0 \ , \qquad d_2 f_{12} = 0 \ ; \tag{28}$$

elles montrent que 1 est conjoint de 2. Les formules (27) ou (28) s'écrivent

$$\left.\begin{aligned} \xi_1 \frac{\partial f}{\partial \xi_2} + \eta_1 \frac{\partial f}{\partial \eta_2} + \zeta_1 \frac{\partial f}{\partial \zeta_2} = 0 \ , \\ d\xi_1 \frac{\partial f}{\partial \xi_2} + d\eta_1 \frac{\partial f}{\partial \eta_2} + d\zeta_1 \frac{\partial f}{\partial \zeta_2} = 0 \ , \end{aligned}\right\} \tag{29}$$

ou encore

$$\left.\begin{aligned} \xi_2 \frac{\partial f}{\partial \xi_1} + \eta_2 \frac{\partial f}{\partial \eta_1} + \zeta_2 \frac{\partial f}{\partial \zeta_1} = 0 \ , \\ \xi_2 \frac{\partial f}{\partial d\xi_1} + \eta_2 \frac{\partial f}{\partial d\eta_1} + \zeta_2 \frac{\partial f}{\partial d\zeta_1} = 0 \ ; \end{aligned}\right\} \qquad (30)$$

partout les indices 1 et 2 peuvent être alternés.

Remarquons que si, dans la deuxième formule (30), on remplaçait les quantités $\frac{\partial f}{\partial d\xi_1}$ et leurs analogues par les valeurs (14) et (16), cette formule prendrait la forme

$$\xi_2 X_1 + \eta_2 Y_1 + \zeta_2 Z_1 = (\xi_0 \eta_1 \zeta_2) = 0 \ ,$$

où apparaît de nouveau le caractère réciproque des points conjoints et dont la signification géométrique est fort simple. *Est conjoint tout couple tel que le centre instantané déterminé par son mouvement se trouve en ligne droite avec les composants du couple.*

Du même raisonnement renversé résulte immédiatement la réciproque. *Quand un plan se meut de manière que le lieu du centre instantané dans la figure mobile soit une droite, si on définit le mouvement du plan par celui de deux points fixes conjugués pris à volonté sur la droite en question, ces points se comportent comme des points conjoints dans leurs déplacements simultanés.*

Au point de vue de la réalité, la condition pour un couple d'être conjoint amène les distinctions suivantes.

1° L'élément 1 est réel, et la courbe qu'il engendre dans son mouvement aussi ; son conjugué idéal est figuré dans le réel par une flèche 2 issue de 1. La condition de conjonction signifie que le centre instantané, réel ou idéal, se trouve sur la normale élevée en 1 ; c'est dire que la flèche 2 est la tangente à la trajectoire du point 1.

2° Le point 1 est idéal et 2 est réel. Cela est identique au cas précédent, à cela près que 2 représente maintenant le point décrivant notre courbe réelle tandis que 1 en est la tangente.

3° Les points 1 et 2 sont idéaux tous les deux. Ils apparaissent dans le réel comme deux droites rectangulaires 1 et 2. Pour qu'il y ait conjonction, il faut que le centre instantané soit aussi sur la droite joignant 1 et 2 considérés comme des points. Le mouvement instantané est donc nécessairement une translation le long d'un axe, et cet axe doit passer au point de rencontre des droites réelles 1 et 2. Dans ces conditions, le point commun est central pour l'une et l'autre de nos droites mobiles.

Le rapport du cas actuel au précédent apparaîtra peut être avec plus de netteté si l'on dit que, quand une droite mobile 1 possède une enveloppe idéale, sa conjointe 2 coïncide avec la perpendiculaire élevée par le point central. Il y a d'ailleurs réciprocité entre ces droites 1 et 2.

Tout ceci étant bien compris, appliquons la formule fondamentale (26), valable pour un couple quelconque, au cas d'un couple conjoint. On a alors $(\xi_0 \eta_1 \zeta_2) = 0$, et par conséquent

$$f_{d\xi_1, d\xi_1} = \frac{1}{\Delta} \frac{f_{11}}{f_{22}} f_{0,2}^2 . \tag{31}$$

De même, en alternant les éléments du couple

$$f_{d\xi_2, d\xi_2} = \frac{1}{\Delta} \frac{f_{22}}{f_{11}} f_{0,1}^2 , \tag{32}$$

et comme $f_{11}^2 = f_{22}^2 = 1$, on obtient en divisant (32) par (31)

$$\frac{f_{d\xi_2, d\xi_2}}{f_{d\xi_1, d\xi_1}} = \left(\frac{f_{0,1}}{f_{0,2}}\right)^2 . \tag{33}$$

La racine carrée $\frac{f_{0,1}}{f_{0,2}}$ de ce rapport nous servira à définir la *courbure* de la monosérie conjointe. C'est en somme le rapport des éléments infiniment petits décrits simultanément par les composants du couple, comme le montre la formule (33); suivant l'ordre dans lequel on range les composants, la courbure prend deux valeurs inverses l'une de l'autre.

Avant de transporter aux courbes cette notion de courbure établie d'abord pour les monoséries conjointes, il importe de calculer le rapport $\frac{f_{0,1}}{f_{0,2}}$, en le débarrassant des auxiliaires ξ_0, η_0, ζ_0, et de l'exprimer en fonction des seules quantités données $\xi_1, \ldots$ et $\xi_2, \ldots$ Le point $C(\xi_0, \eta_0, \zeta_0)$ s'appellera volontiers le *centre de courbure de la monosérie,* il doit disparaître des formules. Pour la clarté des notations, je désignerai de nouveau ses coordonnées par les lettres p, q, r au lieu de ξ_0, η_0, ζ_0.

Pour déterminer ce centre de courbure en fonction de $\xi_1, \ldots, \xi_2, \ldots$ nous avons à notre disposition les formules (14) et (16) que je réunis comme suit :

$$q\zeta_1 - r\eta_1 = \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\xi_1}, \quad r\xi_1 - p\zeta_1 = \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\eta_1}, \quad p\eta_1 - q\xi_1 = \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\zeta_1},$$

$$q\zeta_2 - r\eta_2 = \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\xi_2}, \quad r\xi_2 - p\zeta_2 = \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\eta_2}, \quad p\eta_2 - q\xi_2 = \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\zeta_2};$$

on en peut tirer, de diverses manières, les inconnues p, q, r.

Entre les deuxième et troisième colonnes, éliminons r et q, il vient

$$p(\zeta_1\xi_2) = \frac{1}{2}\left(\xi_1 \frac{\partial f}{\partial d\eta_2} - \xi_2 \frac{\partial f}{\partial d\eta_1}\right),$$

et

$$p(\xi_1\eta_2) = \frac{1}{2}\left(\xi_1 \frac{\partial f}{\partial d\zeta_2} - \xi_2 \frac{\partial f}{\partial d\zeta_1}\right).$$

Additionnons ces deux valeurs après les avoir multipliées par les facteurs $-\eta_1$ et $-\zeta_1$, et ayons égard aux identités

$$\xi_1(\eta_1\zeta_2) = -\eta_1(\zeta_1\xi_2) - \zeta_1(\xi_1\eta_2),$$

$$\xi_1 \frac{\partial f}{\partial d\xi_1} = -\eta_1 \frac{\partial f}{\partial d\eta_1} - \zeta_1 \frac{\partial f}{\partial d\zeta_1},$$

$$\xi_1 \frac{\partial f}{\partial d\xi_2} = -\eta_1 \frac{\partial f}{\partial d\eta_2} - \zeta_1 \frac{\partial f}{\partial d\zeta_2},$$

qui sont ou évidentes, ou résultent du fait que 1 et 2 sont des points conjoints.

Toute réduction faite j'obtiens

$$p(\eta_1\zeta_2) = \frac{1}{2}\left(\xi_1 \frac{\partial f}{\partial d\xi_2} - \xi_2 \frac{\partial f}{\partial d\xi_1}\right).$$

En résumé, si pour un instant nous désignons par u, v, w les coordonnées $(\eta_1\zeta_2)$, $(\zeta_1\xi_2)$, $(\xi_1\eta_2)$ de la demi-droite 12, nous avons

$$\left.\begin{aligned} pu &= \frac{1}{2}\left(\xi_1 \frac{\partial f}{\partial d\xi_2} - \xi_2 \frac{\partial f}{\partial d\xi_1}\right), \\ pv &= \frac{1}{2}\left(\xi_1 \frac{\partial f}{\partial d\eta_2} - \xi_2 \frac{\partial f}{\partial d\eta_1}\right), \\ pw &= \frac{1}{2}\left(\xi_1 \frac{\partial f}{\partial d\zeta_2} - \xi_2 \frac{\partial f}{\partial d\zeta_1}\right), \end{aligned}\right\} \qquad (34)$$

desquelles on peut tirer aisément un résultat plus symétrique.

Ajoutons-les, après avoir introduit les facteurs $\frac{1}{2}\frac{\partial g}{\partial u}$, $\frac{1}{2}\frac{\partial g}{\partial v}$, $\frac{1}{2}\frac{\partial g}{\partial w}$. Si on tient compte des formules de réduction

$$\frac{1}{2}\left(u \frac{\partial g}{\partial u} + v \frac{\partial g}{\partial v} + w \frac{\partial g}{\partial w}\right) = g(u, v, w) = f_{11}f_{22} - f_{12}^2 = f_{11}f_{22},$$

$$\frac{\partial g}{\partial u}\frac{\partial f}{\partial d\xi_1}+\frac{\partial g}{\partial v}\frac{\partial f}{\partial d\eta_1}+\frac{\partial g}{\partial w}\frac{\partial f}{\partial d\zeta_1}=4\Delta\,(u\,d\xi_1+v\,d\eta_1+w\,d\zeta_1)\ .$$

$$\frac{\partial g}{\partial u}\frac{\partial f}{\partial d\xi_2}+\frac{\partial g}{\partial v}\frac{\partial f}{\partial d\eta_2}+\frac{\partial g}{\partial w}\frac{\partial f}{\partial d\zeta_2}=4\Delta\,(u\,d\xi_2+v\,d\eta_2+w\,d\zeta_2)\ .$$

il vient

$$pf_{11}f_{22}=\Delta\,(\xi_1\mathrm{A}_2-\xi_2\mathrm{A}_1)\ .$$

Pour abréger, on a posé

$$\mathrm{A}_1=u\,d\xi_1+v\,d\eta_1+w\,d\zeta_1=\begin{vmatrix}\xi_1 & \eta_1 & \zeta_1\\ \xi_2 & \eta_2 & \zeta_2\\ d\xi_1 & d\eta_1 & d\zeta_1\end{vmatrix}\ , \qquad (35)$$

et, de même,

$$\mathrm{A}_2=u\,d\xi_2+v\,d\eta_2+w\,d\zeta_2=\begin{vmatrix}\xi_1 & \eta_1 & \zeta_1\\ \xi_2 & \eta_2 & \zeta_2\\ d\xi_2 & d\eta_2 & d\zeta_2\end{vmatrix}\ . \qquad (36)$$

Les valeurs définitives des coordonnées homogènes p, q, r du centre de courbure sont résumées dans le tableau

$$\left.\begin{aligned} pf_{11}f_{22}&=\Delta\,(\xi_1\mathrm{A}_2-\xi_2\mathrm{A}_1)\ ,\\ qf_{11}f_{22}&=\Delta\,(\eta_1\mathrm{A}_2-\eta_2\mathrm{A}_1)\ ,\\ rf_{11}f_{22}&=\Delta\,(\zeta_1\mathrm{A}_2-\zeta_2\mathrm{A}_1)\ ,\end{aligned}\right\} \qquad (37)$$

elles ne changent ni de grandeur ni de signe quand on alterne 1 et 2, elles ne changent pas non plus quand on change le signe d'un quelconque de ces points.

Des formules (37) on tire immédiatement l'intensité de la rotation instantanée, qui vaut d'après le § 2

$$f_{00}=f_{p,q,r}=\pm\,d\omega^2\ ;$$

or f_{12} étant nul, les équations (37) donnent

$$\pm\,d\omega^2=\Delta^2(f_{22}\mathrm{A}_1^2+f_{11}\mathrm{A}_2^2)\ . \qquad (38)$$

Enfin les quantités

$$f_{01}=\frac{1}{2}\left(p\frac{\partial f}{\partial\xi_1}+q\frac{\partial f}{\partial\eta_1}+r\frac{\partial f}{\partial\zeta_1}\right),\quad\text{et}\quad f_{02}=\frac{1}{2}\left(p\frac{\partial f}{\partial\xi_2}+q\frac{\partial f}{\partial\eta_2}+r\frac{\partial f}{\partial\zeta_2}\right)\ .$$

dont le rapport est égal à la courbure et dont l'interprétation géométrique a été aussi expliquée au § 2, deviennent par la substitution des valeurs (37), au lieu de p, q, r,

$$f_{01} = \frac{\Delta}{f_{22}} A_2 , \quad f_{02} = -\frac{\Delta}{f_{11}} A_1 . \tag{39}$$

§ 5. Théorie de la Courbure des Courbes planes.

Jusqu'à présent nous n'avons parlé que de la courbure des monoséries conjointes. Il s'agit désormais de rattacher à cette théorie celle de la courbure d'une courbe plane quelconque, réelle ou idéale, conçue comme engendrée par un point mobile $P_1(\xi_1, ...)$. On y arrive en associant à ce point P_1 un autre point $P_2(\xi_2, ...)$ de manière que le couple P_1P_2 soit conjoint. La *courbure*, le *centre de courbure*, etc... de la monosérie P_1P_2 seront pris dès lors comme définissant les quantités de même nom relative à la courbe P_1.

Les formules (29) nous ont donné les coordonnées homogènes ξ_2, η_2, ζ_2 du second composant d'un couple en fonction des coordonnées absolues ξ_1, η_1, ζ_1, arbitrairement choisies pour le premier composant[1]. Il s'agit d'abord de convertir ces coordonnées homogènes en coordonnées absolues ξ_2, ... satisfaisant l'identité

$$f_{22} = f(\xi_2, \eta_2, \zeta_2) = \pm 1 .$$

A cet effet désignons par $d\sigma$ une indéterminée et récrivons les formules (29) comme suit

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \xi_2} = \sqrt{\Delta}\left(\eta_1 \frac{d\zeta_1}{d\sigma}\right) , \qquad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \eta_2} = \sqrt{\Delta}\left(\zeta_1 \frac{d\xi_1}{d\sigma}\right) .$$

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \zeta_2} = \sqrt{\Delta}\left(\xi_1 \frac{d\eta_1}{d\sigma}\right) . \tag{40}$$

[1] Les formules qui précèdent manifestent une double homogénéité; on les voit se reproduire quand on change les coordonnées ξ, ... en $\lambda\xi$, ... et aussi quand on passe, à l'aide d'une transformation linéaire, de la forme primitive f à une autre F. L'emploi des coordonnées absolues supprime la première homogénéité, comme on le voit déjà sur la formule (38); on ne rencontre plus en général que la seconde dans la suite de nos calculs.

Substituons ces valeurs dans l'équation $f_{22} = f(\xi_2, \ldots)$, il vient

$$f_{22} - f\left[f_{11}\frac{d\xi_1}{d\sigma}\right] = f_{11} f'_{\frac{d\xi_1}{d\sigma}} \cdot \frac{d\xi_1}{d\sigma} - f''_{1,\frac{d\xi_1}{d\sigma}},$$

ou, le dernier terme étant nul,

$$f_{22} = f_{11} f_{\frac{d\xi_1}{d\sigma}, \frac{d\xi_1}{d\sigma}} .$$

Ainsi l'auxiliaire $d\sigma$ a pour signification

$$d\sigma^2 = \frac{f_{11}}{f_{22}} f_{d\xi_1 d\xi_1},$$

la formule fait immédiatement reconnaître le signe à adopter pour $f_{22} = \pm 1$. La quantité σ, dont le sens de variation est resté arbitraire, prendra le nom d'*arc* de la courbe $P_1(\xi_1, \ldots)$; quant au signe de P_2 conjoint de P_1 il dépend, par l'intermédiaire des formules (40), du sens positif choisi pour la variation de σ.

En même temps que P_1 et P_2, considérons un troisième point $P_3(\xi_3, \eta_3, \zeta_3)$, formant avec les deux premiers un triangle autopolaire. On doit avoir $f_{13} = 0$, $f_{23} = 0$, d'où, en fixant à volonté un signe ambigu,

$$\xi_3 = \frac{d\xi_1}{d\sigma}, \quad \eta_3 = \frac{d\eta_1}{d\sigma}, \quad \zeta_3 = \frac{d\zeta_1}{d\sigma} ; \tag{42}$$

ces coordonnées sont absolues puisqu'elles nous donnent

$$f_{3,3} = \frac{f_{11}}{f_{22}} = \pm 1 .$$

Nous avons maintenant, à la place d'un point unique, un triangle rigide 1, 2, 3. Si au lieu de points idéaux, on veut revenir aux objets réels dont ils sont les images, on est conduit aux distinctions habituelles.

1° Supposons que 1 est réel, par suite 2 est idéal. Dans le réel 2 représente la tangente à la courbe P_1 ; 3 est aussi idéal, dans le réel c'est la normale à la courbe P_1.

2° Supposons au contraire 1 idéal, mais 2 réel. Alors 1 est la tangente enveloppant une courbe réelle dont 2 est le point de contact. L'élément 3 est encore ici la normale à notre courbe. Ce cas correspond au précédent par dualité.

3° Supposons 1 et 2 idéaux tous les deux. Dans le réel, ce sont deux droites rectangulaires, 3 est leur point de concours ; c'est à la fois le point central de la droite mobile 1 et de sa perpendiculaire 2.

Il s'agit, pour obtenir la courbure de P_1, de calculer les déterminants (35) et (36) en fonction de ξ_1, η_1, ζ_1.

Or en développant A_1 suivant les éléments de sa deuxième ligne, on a

$$-A_1 = \xi_2(\eta_1 d\zeta_1) + \eta_2(\zeta_1 d\xi_1) + \zeta_2(\xi_1 d\eta_1) ,$$

ce qui, d'après (40), s'écrit aussi

$$-A_1 = \frac{d\sigma}{2\sqrt{\Delta}}\left(\xi_2 \frac{\partial f}{\partial \xi_2} + \eta_2 \frac{\partial f}{\partial \eta_2} + \zeta_2 \frac{\partial f}{\partial \zeta_2}\right) = \frac{d\sigma}{\sqrt{\Delta}} f_{22} . \qquad (43)$$

Le calcul de A_2 est un peu plus pénible. Posons, pour abréger,

$$U = \left(\eta_1 \frac{d^2\zeta_1}{d\sigma^2}\right) , \quad V = \left(\zeta_1 \frac{d^2\xi_1}{d\sigma^2}\right) , \quad W = \left(\xi_1 \frac{d^2\eta_1}{d\sigma^2}\right) , \qquad (44)$$

et différentions les formules (40) qui donnent

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\xi_2} = \sqrt{\Delta} U d\sigma , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\eta_2} = \sqrt{\Delta} V d\sigma , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial d\zeta_2} = \sqrt{\Delta} W d\sigma ,$$

ou, par résolution,

$$d\xi_2 = \frac{d\sigma}{2\sqrt{\Delta}}\frac{\partial g}{\partial U} , \quad d\eta_2 = \frac{d\sigma}{2\sqrt{\Delta}}\frac{\partial g}{\partial V} , \quad d\zeta_2 = \frac{d\sigma}{2\sqrt{\Delta}}\frac{\partial g}{\partial W} .$$

Mais on a, d'après (36)

$$A_2 = (\eta_1 \zeta_2)\, d\xi_2 + (\zeta_1 \xi_2)\, d\eta_2 + (\xi_1 \eta_2)\, d\zeta_2 ,$$

ou bien, en introduisant les valeurs qu'on vient d'obtenir pour $d\xi_2$, ...

$$A_2 = \frac{d\sigma}{2\sqrt{\Delta}}\left[(\eta_1 \zeta_2)\frac{\partial g}{\partial U} + (\zeta_1 \xi_2)\frac{\partial g}{\partial V} + (\xi_1 \eta_2)\frac{\partial g}{\partial W}\right] = \frac{d\sigma}{\sqrt{\Delta}} g_{[12,12']} .$$

Le point $2'$ qui figure dans cette dernière formule est celui dont les coordonnées homogènes sont

$$\xi'_2 = \frac{d^2\xi_1}{d\sigma^2} , \quad \eta'_2 = \frac{d^2\eta_1}{d\sigma^2} , \quad \zeta'_2 = \frac{d^2\zeta_1}{d\sigma^2} .$$

Or on a $f_{12} = 0$, par suite

$$g_{[12,12']} = f_{11} f_{22'} - f_{12} f_{12'} = f_{11} f_{22'} ;$$

ainsi A_2 devient

$$A_2 = f_{11}\frac{d\sigma}{2\sqrt{\Delta}}\left(\xi_2 \frac{\partial f}{\partial \xi'_2} + \eta_2 \frac{\partial f}{\partial \eta'_2} + \zeta_2 \frac{\partial f}{\partial \zeta'_2}\right) . \qquad (45)$$

Nommons encore u, v, w les analogues de (44)

$$u = \left(\eta_1 \frac{d\zeta_1}{d\sigma}\right) , \quad v = \left(\frac{\zeta}{\zeta_1} \frac{d\xi_1}{d\sigma}\right) , \quad w \quad \left(\xi_1 \frac{d\eta_1}{d\sigma}\right) ,$$

les formules (40) peuvent aussi s'écrire

$$\xi_2 = \frac{1}{2\sqrt{\Delta}} \frac{\partial g}{\partial u} , \quad \eta_2 = \frac{1}{2\sqrt{\Delta}} \frac{\partial g}{\partial v} , \quad \zeta_2 = \frac{1}{2\sqrt{\Delta}} \frac{\partial g}{\partial w} ;$$

en portant ces valeurs dans l'équation (45), elle devient

$$A_2 = f_{11} \frac{d\sigma}{4\Delta} \left(\frac{\partial g}{\partial u} \frac{\partial f}{\partial \xi_2'} + \frac{\partial g}{\partial v} \frac{\partial f}{\partial \eta_2'} + \frac{\partial g}{\partial w} \frac{\partial f}{\partial \zeta_2'} \right) = f_{11} d\sigma \left(u \xi_2' + v \eta_2' + w \zeta_2' \right) .$$

En substituant enfin dans ce résultat les valeurs précédemment données pour $u, \ldots$ et $\xi_2', \ldots$ on obtient

$$A_2 = f_{11} d\sigma \left(\xi_1 \frac{d\eta_1}{d\sigma} \frac{d^2\zeta_1}{d\sigma^2} \right) ,$$

ou, sans désignation de variables indépendantes,

$$A_2 = \frac{f_{11}}{d\sigma^2} \begin{vmatrix} \xi_1 & \eta_1 & \zeta_1 \\ d\xi_1 & d\eta_1 & d\zeta_1 \\ d^2\xi_1 & d^2\eta_1 & d^2\zeta_1 \end{vmatrix} . \qquad (46)$$

Les formules à retenir pour le calcul de la courbure sont (43) et (46). Avant d'appliquer ces formules, tirons encore des notions précédentes quelques remarques essentielles.

Si α, β, γ sont les indices 1, 2, 3 dans un ordre quelconque, on a $f_{\alpha\beta} = 0$, et en différentiant l'identité $f_{\alpha\alpha} = \pm 1$, on obtient $f_{\alpha, d\xi_\alpha} = 0$. De là résulte que $d\xi_\alpha$ s'exprime linéairement en ξ_β, ξ_γ, comme aussi, et de la même manière, $d\eta_\alpha$ en η_β, η_γ, et $d\zeta_\alpha$ en ζ_β, ζ_γ. Il existe donc trois groupes de formules qui sont les analogues de celles de Frenet dans la Géométrie ordinaire à trois dimensions. Les formules (42) sont un de ces groupes, nous allons établir les deux autres.

D'après les équations (40), nous avons $\sum \frac{\partial f}{\partial \xi_2} \frac{d\xi_1}{d\sigma} = 0$, et comme $df_{12} = 0$, nous avons également $\sum \frac{\partial f}{\partial \xi_1} \frac{d\xi_2}{d\sigma} = 0$. Si donc on fait

$$\frac{d\xi_2}{d\sigma} = b\xi_1 + a\xi_3 , \quad \frac{d\eta_2}{d\sigma} = b\eta_1 + a\eta_3 , \quad \frac{d\zeta_2}{d\sigma} = b\zeta_1 + a\zeta_3 ,$$

on obtient immédiatement $b = 0$. Quant à a, sa valeur est

$$\frac{a}{2}\left(\xi_3\frac{\partial f}{\partial \xi_3}+\eta_3\frac{\partial f}{\partial \eta_3}+\zeta_3\frac{\partial f}{\partial \zeta_3}\right)=af_{33}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial f}{\partial \xi_3}\frac{d\xi_2}{d\sigma}+\frac{\partial f}{\partial \eta_3}\frac{d\eta_2}{d\sigma}+\frac{\partial f}{\partial \zeta_3}\frac{d\zeta_2}{d\sigma}\right) . \qquad (47)$$

Or des égalités $f_{13}=0$, et $f_{23}=0$, on conclut

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \xi_3}=\alpha(\eta_1\zeta_2) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \eta_3}=\alpha(\zeta_1\xi_2) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \zeta_3}=\alpha(\xi_1\eta_2) , \qquad (48)$$

l'inconnue α résulte de ce que, en vertu de (35) et (42),

$$\frac{1}{2}\sum \xi_3\frac{\partial f}{\partial \xi_3}=f_{11}f_{22} , \qquad \text{et} \qquad (\xi_1\eta_2\zeta_3)=\frac{\Delta_1}{d\sigma}=-\frac{f_{22}}{\sqrt{\Delta}} .$$

Ainsi $\alpha=\dfrac{f_{33}}{\Delta_1}d\sigma$; alors en remplaçant les valeurs (48) dans l'équation (47), on obtient

$$af_{33}=\frac{f_{33}}{\Delta^1}[(\eta_1\zeta_2]d\xi_2+(\zeta_1\xi_2)d\eta_2+(\xi_1\eta_2)d\zeta_2]=f_{33}\frac{\Delta_2}{\Delta_1} ,$$

donc enfin

$$\frac{d\xi_2}{d\sigma}=\frac{\Delta_2}{\Delta_1}\xi_3 , \quad \frac{d\eta_2}{d\sigma}=\frac{\Delta_2}{\Delta_1}\eta_3 , \quad \frac{d\zeta_2}{d\sigma}=\frac{\Delta_2}{\Delta_1}\zeta_3 :$$

c'est le second groupe cherché. Pour trouver le troisième on procédera d'une manière analogue.

Récrivons les résultats sous forme de tableau, en affectant d'un indice l'arc engendré par le déplacement de P_1

$$\begin{aligned}
&\frac{d\xi_1}{d\sigma_1}=\xi_3 , \quad \frac{d\xi_2}{d\sigma_1}=\frac{\Delta_2}{\Delta_1}\xi_3 , \quad \frac{d\xi_3}{d\sigma_1}=-\left(f_{22}\xi_1+f_{11}\frac{\Delta_2}{\Delta_1}\xi_2\right) .\\
&\frac{d\eta_1}{d\sigma_1}=\eta_3 , \quad \frac{d\eta_2}{d\sigma_1}=\frac{\Delta_2}{\Delta_1}\eta_3 , \quad \frac{d\eta_3}{d\sigma_1}=-\left(f_{22}\eta_1+f_{11}\frac{\Delta_2}{\Delta_1}\eta_2\right) , \qquad (49)\\
&\frac{d\zeta_1}{d\sigma_1}=\zeta_3 , \quad \frac{d\zeta_2}{d\sigma_1}=\frac{\Delta_2}{\Delta_1}\zeta_3 , \quad \frac{d\zeta_3}{d\sigma_1}=-\left(f_{22}\zeta_1+f_{11}\frac{\Delta_2}{\Delta_1}\zeta_2\right) .
\end{aligned}$$

La réciprocité inhérente à toutes les questions de courbure se marque dans ces formules de Frenet par le caractère suivant :

Si on alterne les indices 1 et 2, en remplaçant $d\sigma_1$ par la quantité $d\sigma_2$ définie comme suit

$$d\sigma_2^2=\frac{f_{22}}{f_{11}}f_{d\xi_2,d\xi_2} , \qquad \text{ou plus exactement,} \qquad \frac{d\sigma_2}{d\sigma_1}=\frac{\Delta_2}{\Delta_1} ,$$

les équations se reproduisent. L'indice 3 n'est pas affecté par le dit changement.

Outre leur intérêt propre, ces équations (49) permettent de déterminer à elles seules, la courbure du lieu P_1, soit le rapport $\frac{\Lambda_2}{\Lambda_1}$, ainsi que le centre de courbure correspondant, sans recourir aux formules (37). On peut en effet énoncer la propriété suivante ; elle n'est qu'une forme particulière du théorème d'après lequel la normale à la courbe P_1 coïncide avec la tangente menée par le centre de courbure à la développée de cette même courbe.

Si $C(\xi_0, \gamma_0, \zeta_0)$ ou $C(p, q, r)$ *est le centre de courbure, le conjoint de ce point 0 est précisément le point 3 envisagé ci-dessus.*

Etablir ce point, c'est démontrer les relations

$$f_{p,\xi_3} = 0 \quad \text{et} \quad f_{p,d\xi_3} = 0 :$$

mais la première est immédiate puisque, d'après (37), f_{p,ξ_3} diffère seulement par un facteur de l'expression $\Lambda_2 f_{13} - \Lambda_1 f_{23}$, et que $f_{13} = f_{23} = 0$; en un mot f_{p,ξ_3} s'annule parce que le centre instantané est sur la droite polaire de 3. Nous avons de même, sauf un facteur,

$$f_{p,d\xi_3} = \Lambda_2 f_{1,d\xi_3} - \Lambda_1 f_{2,d\xi_3} :$$

si on remplace, au second membre, $d\xi_3 \ldots$ par les valeurs (49), qui donnent

$$f_{1,d\xi_3} = -\,d\sigma f_{11} f_{22}, \qquad \text{et} \qquad f_{2,d\xi_3} = -\,d\sigma f_{11} f_{22} \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1}$$

on trouve l'équation $f_{p,d\xi_3} = 0$.

Le centre de courbure a été désigné par les coordonnées homogènes, notées p, q, r ou ξ_0, γ_0, ζ_0. Nous n'emploierons plus ces dernières lettres que pour représenter des coordonnées *absolues* telles que $f_{00}^2 = 1$.

En vue de déterminer ces coordonnées absolues, nous avons à utiliser le théorème qui vient d'être obtenu et à poser les équations analogues à (40), soit

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \xi_0} = \sqrt{\Delta}\left(\gamma_3 \frac{d\zeta_3}{d\sigma_3}\right), \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \gamma_0} = \sqrt{\Delta}\left(\zeta_3 \frac{d\xi_3}{d\sigma_3}\right), \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \zeta_0} = \sqrt{\Delta}\left(\xi_3 \frac{d\gamma_3}{d\sigma_3}\right) : \quad (50)$$

la quantité $d\sigma_3$, élément d'arc engendré par P_3, répond naturellement à l'équation

$$d\sigma_3^2 = \frac{f_{33}}{f_{00}} f_{d\xi_3, d\xi_3} \quad . \qquad (51)$$

Il nous faut encore obtenir les rapports de $d\sigma_3$ à $d\sigma$, d'une part, et de l'autre, à la vitesse angulaire instantanée $d\omega$ telle qu'elle figure dans la formule (38).

Or si on porte dans (51), la valeur $f_{d\xi_3,\, d\xi_3}$ tirée de la dernière colonne du tableau (49), on trouve

$$d\sigma_3^2 = \frac{1}{f_{00}} \frac{d\sigma_1^2}{A_1^2} (f_{22} A_1^2 + f_{11} A_2^2) \ .$$

puis, à cause des relations (38) et (43),

$$f_{00} d\sigma_3^2 = f_{22} d\sigma_1^2 + f_{11} d\sigma_2^2 \ , \tag{52}$$

et

$$d\sigma_3^2 = d\omega^2 \ , \quad \text{ou} \quad d\sigma_3 = d\omega \ . \tag{53}$$

Cette dernière équation constitue une interprétation remarquable de la vitesse angulaire instantanée $d\omega$; celle-ci n'est autre chose que l'élément d'arc décrit par le point 3 conjoint au centre de courbure.

Ecrivons enfin les relations de proportionnalité existant entre les quantités p, q, r, et ξ_0, η_0, ζ_0. Ce sont

$$\xi_0 \sqrt{\Delta}\, d\sigma_3 = p f_{33} \ , \quad \eta_0 \sqrt{\Delta}\, d\sigma_3 = q f_{33} \ , \quad \zeta_0 \sqrt{\Delta}\, d\sigma_3 = r f_{33} \ . \tag{54}$$

Pour obtenir ces résultats, il suffit de rapprocher les quantités f_{01}, f_{02} données par les formules (39) ou

$$f_{01} = \frac{1}{2} \left(p \frac{\partial f}{\partial \xi_1} + \dots \right) \ , \qquad f_{02} = \frac{1}{2} \left(p \frac{\partial f}{\partial \xi_2} + \dots \right) \ ,$$

des véritables valeurs en coordonnées absolues

$$f_{01} = \frac{1}{2} \left(\xi_0 \frac{\partial f}{\partial \xi_1} + \dots \right) \ , \qquad f_{02} = \frac{1}{2} \left(\xi_0 \frac{\partial f}{\partial \xi_2} + \dots \right) \ :$$

la comparaison fait ressortir immédiatement les formules (54), quand on remplace $\xi_0, \dots$ par les valeurs (50).

Remarquons que le signe de $d\sigma_3$ est resté arbitraire, et comme p, q, r, sont définis d'une manière absolue, on voit que le signe du point $C(\xi_0, \eta_0, \zeta_0)$ est également arbitraire et change avec celui de $d\sigma_3$.

§ 6. Résumé des Formules et Cas particuliers.

Pour la clarté commençons par récapituler les résultats du § précédent.

Le point décrivant se nomme toujours $P_1(\xi_1, \ldots)$, ses coordonnées dépendent d'un paramètre t. Ayant posé

$$d\sigma_1^2 = \frac{f_{11}}{f_{22}} f_{d\xi_1, d\xi_1}$$

d'où résulte la détermination du signe f_{22}, on définit deux nouveaux points 2 et 3 par les formules

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \xi_2} \quad \text{et} \quad \Delta\left(\eta_1 \frac{d\zeta_1}{d\sigma_1}\right), \ldots \qquad \text{et} \qquad \xi_3 = \frac{d\xi_1}{d\sigma_1}, \ldots$$

puis on pose pour abréger

$$\Delta_1 = (\xi_1 \eta_2 d\zeta_1) , \qquad \text{et} \qquad \Delta_2 = (\xi_1 \eta_2 d\zeta_2) .$$

Les formules sont alors les suivantes:

Relations finies.

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \xi_1} = f_{11}\frac{d\sigma_1}{\Delta_1}(\eta_2\zeta_3) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \eta_1} = f_{11}\frac{d\sigma_1}{\Delta_1}(\zeta_2\xi_3) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \zeta_1} = f_{11}\frac{d\sigma_1}{\Delta_1}(\xi_2\eta_3) ,$$

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \xi_2} = f_{22}\frac{d\sigma_1}{\Delta_1}(\eta_3\zeta_1) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \eta_2} = f_{22}\frac{d\sigma_1}{\Delta_1}(\zeta_3\xi_1) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \zeta_2} = f_{22}\frac{d\sigma_1}{\Delta_1}(\xi_3\eta_1) ,$$

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \xi_3} = f_{33}\frac{d\sigma_1}{\Delta_1}(\eta_1\zeta_2) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \eta_3} = f_{33}\frac{d\sigma_1}{\Delta_1}(\zeta_1\xi_2) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \zeta_3} = f_{33}\frac{d\sigma_1}{\Delta_1}(\xi_1\eta_2) .$$

$$f_{11}f_{22}f_{33} = 1 , \qquad f_{12} = f_{23} = f_{31} = 0 .$$

Relations différentielles.

$$d\sigma_1^2 = \frac{f_{11}}{f_{22}} f_{d\xi_1, d\xi_1} , \qquad d\sigma_2^2 = \frac{f_{22}}{f_{11}} f_{d\xi_2, d\xi_2} ,$$

$$d\sigma_3^2 = -\frac{f_{33}}{f_{00}} f_{d\xi_3, d\xi_3} , \qquad d\sigma_0^2 = \frac{f_{00}}{f_{33}} f_{d\xi_0, d\xi_0} ,$$

ces dernières donnant le signe de $f_{00} = \pm 1$.

$$A_2 d\sigma_1 = A_1 d\sigma_2 , \qquad f_{00} d\sigma_3^2 = f_{22} d\sigma_1^2 + f_{11} d\sigma_2^2 ,$$

$$A_1 = -f_{22} \frac{d\sigma_1}{\sqrt{\Delta}} , \qquad A_2 = \frac{f_{11}}{d\sigma_1^2} | \xi_1 d\eta_1 d^2\zeta_1 | .$$

Formules de Frenet.

$$\frac{d\xi_1}{d\sigma_1} = \xi_3 , \quad \frac{d\xi_2}{d\sigma_2} = \xi_3 , \quad \frac{d\xi_3}{d\sigma_1} = -\left(f_{22}\xi_1 + \frac{A_2}{A_1} f_{11}\xi_2 \right) .$$

$$\frac{d\eta_1}{d\sigma_1} = \eta_3 , \quad \frac{d\eta_2}{d\sigma_2} = \eta_3 , \quad \frac{d\eta_3}{d\sigma_1} = -\left(f_{22}\eta_1 + \frac{A_2}{A_1} f_{11}\eta_2 \right) .$$

$$\frac{d\zeta_1}{d\sigma_1} = \zeta_3 , \quad \frac{d\zeta_2}{d\sigma_2} = \zeta_3 , \quad \frac{d\zeta_3}{d\sigma_1} = -\left(f_{22}\zeta_1 + \frac{A_2}{A_1} f_{11}\zeta_2 \right) .$$

Centre de Courbure et Mouvement du triangle 123.

Le centre instantané de ce mouvement étant désigné par l'indice 0, comme on a vu, on a

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \xi_0} = \sqrt{\Delta}\left(\eta_3 \frac{d\zeta_3}{d\sigma_3}\right) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \eta_0} = \sqrt{\Delta}\left(\zeta_3 \frac{d\xi_3}{d\sigma_3}\right) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \zeta_0} = \sqrt{\Delta}\left(\xi_3 \frac{d\eta_3}{d\sigma_3}\right) .$$

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \xi_3} = \sqrt{\Delta}\left(\eta_0 \frac{d\zeta_0}{d\sigma_0}\right) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \eta_3} = \sqrt{\Delta}\left(\zeta_0 \frac{d\xi_0}{d\sigma_0}\right) , \quad \frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \zeta_3} = \sqrt{\Delta}\left(\xi_0 \frac{d\eta_0}{d\sigma_0}\right) .$$

puis le mouvement du plan est déterminé par les formules

$$X = f_{33} d\sigma_3 (\eta_0 \zeta) \sqrt{\Delta} , \quad Y = f_{33} d\sigma_3 (\zeta_0 \xi) \sqrt{\Delta} , \quad Z = f_{33} d\sigma_3 (\xi_0 \eta) \sqrt{\Delta} .$$

$$d\xi = \frac{1}{2\Delta}\frac{\partial g}{\partial X} , \qquad d\eta = \frac{1}{2\Delta}\frac{\partial g}{\partial Y} , \qquad d\zeta = \frac{1}{2\Delta}\frac{\partial g}{\partial Z} .$$

Enfin les courbures des lieux $P_1(\xi_1, \ldots)$ et $P_2(\xi_2, \ldots)$ sont données par

$$c_1 c_2 = 1 \ , \qquad c_1 \ - \frac{f_{11}\,\Lambda_2}{f_{22}\,\Lambda_1} = -\frac{f_{11}\,d\sigma_2}{f_{22}\,d\sigma_1} \ ,$$

ou, si l'on préfère,

$$c_1 \ \backslash\backslash \ \Delta \ \frac{\xi_1\, d\sigma_1\, d^2\zeta_1}{d\sigma_1^3} \ \backslash\backslash \ \Delta \left| \xi_1 \ \frac{d\sigma_1}{d\sigma_1} \ \frac{d^2\zeta_1}{d\sigma_1^2} \right| \ . \qquad (55)$$

Coordonnées particulières.

L'expression (55) obtenue plus haut pour la courbure possède, bien évidemment, le caractère d'invariance par rapport aux mouvements qui changent la forme f en elle-même, et cette propriété d'invariance persiste même quand on exécute sur les coordonnées une transformation linéaire quelconque. On peut donc, dans le calcul de (55), employer au lieu de $\xi_1, \ldots$ les coordonnées u, v, w, de la droite polaire de $P(\xi_1, \ldots)$; cette remarque trouve son application plus bas. Il convient d'ajouter que la courbure c_1 du lieu P_1 ne se réduit à zéro que dans le seul cas où ξ, η, ζ vérifient, pendant le mouvement, une équation linéaire homogène telle que

$$a\xi + b\eta + c\zeta = 0 \ .$$

Cela posé, rappelons qu'il existe trois systèmes principaux de coordonnées; ils sont de simples variétés du premier d'entre eux et diffèrent les uns des autres seulement par la position de leur centre relativement au cercle fondamental. Nous prenons désormais

$$f = \xi^2 - \eta^2 - \zeta^2 \ , \qquad \text{et} \qquad \Delta = 1 \ .$$

Premier cas. — La courbe est réelle, les coordonnées employées sont les *polaires*, rayon vecteur et angle; elles sont telles que

$$\xi = ch\,\frac{r}{k} \ , \qquad \eta = sh\,\frac{r}{k}\,\cos\theta \ , \qquad \zeta = sh\,\frac{r}{k}\,\sin\theta \ ,$$

ou bien les *rectangulaires*, abscisse et ordonnée, telles que

$$\xi = ch\,\frac{x}{k}\,ch\,\frac{y}{k} \ , \qquad \eta = sh\,\frac{x}{k}\,ch\,\frac{y}{k} \ , \qquad \zeta = sh\,\frac{y}{k} \ .$$

ou enfin les *horicycliques*, u et v, telles que

$$\xi = ch\,\frac{v}{k} + \frac{u^2}{2k^2}\,e^{-\frac{v}{k}}\ , \qquad \eta = \frac{u}{k}\,e^{-\frac{v}{k}}\ , \qquad \zeta = sh\,\frac{v}{k} + \frac{u^2}{2k^2}\,e^{-\frac{v}{k}}\ .$$

Que devient la formule de la courbure quand on emploie l'un ou l'autre de ces systèmes?

En coordonnées polaires, par exemple, le déterminant (55) est nul seulement si $ccth\,\frac{r}{k}$ est du type $a\cos\vartheta + b\sin\vartheta$. La courbure a donc la forme algébrique

$$\mathrm{A}\left[\frac{d^2}{d\vartheta^2}\,coth\,\frac{r}{k} + coth\,\frac{r}{k}\right]\ .$$

Pour déterminer le coefficient A, il suffit de se placer dans l'hypothèse où r est constant. Si on remarque que, d'après l'équation (9) et s représentant l'arc de la courbe à partir d'une origine quelconque, on a $d\sigma^2 = \frac{f_{11}}{f_{22}}\,f_{d\xi,\,d\xi} = \frac{ds^2}{k^2}$, le déterminant $|\,\xi\,d\eta\,d^2\zeta\,|$ devient

$$\begin{vmatrix} ch\,\frac{r}{k} & 0 & 0 \\ sh\,\frac{r}{k}\,cos\,\vartheta & -\,sh\,\frac{r}{k}\,sin\,\vartheta\,d\vartheta & -\,sh\,\frac{r}{k}\,cos\,\vartheta\,d\vartheta^2 \\ sh\,\frac{r}{k}\,sin\,\vartheta & sh\,\frac{r}{k}\,cos\,\vartheta\,d\vartheta & -\,sh\,\frac{r}{k}\,sin\,\vartheta\,d\vartheta^2 \end{vmatrix}\ ,$$

ce qui vaut $ch\,\frac{r}{k}\,sh^2\,\frac{r}{k}\,d\vartheta^3$.

On tire de là $\mathrm{A} = k^3 sh^3\,\frac{r}{k}\left(\frac{d\vartheta}{ds}\right)^3$, et enfin

$$c = k^3 sh^3\,\frac{r}{k}\left(\frac{d\vartheta}{ds}\right)^3\left[\frac{d^2}{d\vartheta^2}\,coth\,\frac{r}{k} + coth\,\frac{r}{k}\right]\ . \qquad (56)$$

On aura, de la même manière, en coordonnées rectangulaires

$$c = k^2\left(ch\,\frac{y}{k}\,\frac{dx}{ds}\right)^3\left[\frac{d^2}{dx^2}\,tgh\,\frac{y}{k} - tgh\,\frac{y}{k}\right]\ , \qquad (57)$$

et en coordonnées horicycliques

$$c = \frac{k^2}{2}\left(e^{-\frac{v}{k}}\,\frac{du}{ds}\right)^3\left[\frac{d^2}{du^2}\,e^{\frac{2v}{k}} + \frac{2}{k^2}\right]\ . \qquad (58)$$

Au point de vue de sa signification concrète la courbure a conservé, dans le cas actuel, son sens ordinaire. En effet, l'élément 2 conjoint à $P(\xi, \eta, \zeta)$ est figuré dans le réel par la tangente à la courbe, la courbure est égale à

$$c = \frac{d\sigma_2}{d\sigma_1} = \sqrt{\frac{f_{d\xi_2,\, d\xi_3}}{f_{d\xi_1,\, d\xi_3}}} \ ;$$

ce rapport, suivant (9) et (11), est celui de l'angle de contingence $d\alpha$ à l'élément d'arc $\frac{ds}{k}$, donc $c = k\frac{d\alpha}{ds}$.

Deuxième cas. — La courbe est encore réelle, mais elle est donnée tangentiellement. Ce point de vue est l'opposé du précédent par dualité. Ainsi donc, l'élément P_1 est maintenant idéal, il correspond à la tangente réelle $T(u, v, w)$, d'après les relations

$$\xi = u \ , \qquad \eta = -v \ , \qquad \zeta = -w \ .$$

L'élément conjoint 2 est réel; c'est le point où la droite T touche son enveloppe. La courbure c est maintenant égale à $\frac{ds}{kd\alpha}$, elle est l'inverse de la courbure ponctuelle; il s'agit de l'exprimer en coordonnées linéaires.

Laissons de côté les diverses espèces de coordonnées horicycliques; la position d'une droite $T(u, v, w)$ peut être définie de trois manières dont les deux dernières s'excluent réciproquement. Si on fait

$$u = sh\frac{\rho}{k} \ , \qquad v = -ch\frac{\rho}{k}\cos\omega \ , \qquad w = -ch\frac{\rho}{k}\sin\omega \ .$$

ces coordonnées *podaires* ρ et ω représentent le rayon vecteur et l'angle polaire de la projection de l'origine sur notre droite $T(u, v, w)$.

On peut aussi écrire

$$u = -ch\frac{p}{k}\,sh\frac{q}{k} \ , \qquad v = sh\frac{p}{k}\,sh\frac{q}{k} \ , \qquad w = ch\frac{q}{k} \ ,$$

si T est non-sécante de l'axe OX, les coordonnées *normales* p et q représentent l'abscisse et l'ordonnée de la perpendiculaire commune à T et OX; ou bien, si T rencontre OX, on fera

$$u = sh\frac{l}{k}\sin\lambda \ , \qquad v = -ch\frac{l}{k}\sin\lambda \ , \qquad w = \cos\lambda \ ,$$

et alors les coordonnées *mixtes* l et λ désigneront l'abscisse du point d'intersection et l'angle TOX.

En substituant ces diverses valeurs dans le déterminant (55), on trouve par des calculs semblables à ceux développés dans le premier cas, les expressions suivantes pour la nouvelle courbure tangentielle; $d\alpha$ y représente, comme ci-dessus, l'angle de contingence.

$$c_2 = \frac{1}{c} = \left(ch\frac{\rho}{k}\frac{d\omega}{d\alpha}\right)^3\left[\frac{d^2}{d\omega^2}\,tgh\,\frac{\rho}{k} + tgh\,\frac{\rho}{k}\right], \tag{59}$$

$$c_2 = \frac{1}{c} = -\frac{1}{k}\left(sh\frac{q}{k}\frac{dp}{d\alpha}\right)^3\left[\frac{d^2}{dp^2}\,coth\,\frac{q}{k} - \frac{1}{k^2}\,coth\,\frac{q}{k}\right], \tag{60}$$

$$c_2 = \frac{1}{c} = +\frac{1}{k}\left(sin\,\lambda\frac{dl}{d\alpha}\right)^3\left[\frac{d^2}{dl^2}\,cot\,\lambda - \frac{1}{k^2}\,cot\,\lambda\right]. \tag{61}$$

Troisième cas. — Les points 1 et 2 sont devenus tous les deux idéaux. La droite mobile $T_1(u, v, w)$ qui sert de représentant réel au premier enveloppe une courbe idéale; cette courbe *(fig. 4)* possède ainsi une ligne de striction réelle. T_2 est la perpendiculaire élevée à T_1 par le point central de cette droite. Il y a d'ailleurs réciprocité entre ces éléments T_1 et T_2; eux-mêmes et leurs voisins forment un rectangle; la courbure du lieu engendré par le mouvement de T_1 est, par définition, égale au rapport des côtés de ce rectangle $\frac{PP_2}{PP_1} = \frac{d\delta_2}{d\delta_1}$. L'inverse de ce rapport représentera, d'une manière analogue, la courbure du lieu conjoint T_2.

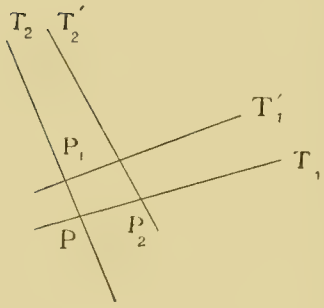


Fig. 4.

D'après les formules (10) et (11), pour obtenir, dans le cas qui nous occupe, la courbure en coordonnées polaires, normales ou mixtes, il suffira de reprendre les équations (59) à (61) du cas précédent et d'y remplacer partout $d\alpha$ par $\frac{d\delta}{k}$. La simple substitution des coordonnées de T_2, au lieu de celles de T_1, changera cette courbure en son inverse.

Enfin, si dans les formules des trois cas, on fait $k = \infty$, on obtiendra, comme cas limite, les valeurs de la courbure euclidienne, exprimées dans les mêmes coordonnées polaires, rectangulaires, podaires ou mixtes. C'est par cette origine com-

mune que s'expliquent les analogies que présentent ces formules les unes avec les autres.

§ 7. Développées et Développantes.

Soient deux lieux C et C′, de même espèce, c'est-à-dire tous deux ponctuels, ou tous deux tangentiels à enveloppe réelle, ou enfin tous deux tangentiels à enveloppe idéale. Ayant choisi sur C et C′ des origines a et a', nous ferons correspondre un point A′ de C′ à un point A de C par la condition

$$\int_a^A d\sigma = \int_{a'}^{A'} d\sigma' .$$

Il faut remarquer que cette correspondance peut être établie de deux manières différentes suivant les signes adoptés pour $d\sigma$ et $d\sigma'$, autrement dit suivant les sens positifs de croissance des arcs σ et σ'.

Soient $P_1(\xi_1 \ldots)$, $P_2(\xi_2, \ldots)$, $P_3(\xi_3, \ldots)$ les sommets du triangle principal quand P_1 décrit la courbe C; soit de même $P'_1(\xi'_1, \ldots)$, $P'_2(\xi'_2, \ldots)$, $P'_3(\xi'_3, \ldots)$ le triangle associé au point P'_1 qui correspond à P_1 sur la courbe C′. Si on transporte le premier de ces triangles sur le second, quand P_1 varie la courbe C solidaire du triangle $P_1P_2P_3$ prend une série de positions; on dit qu'elle *roule* sur C′.

Si les deux courbes sont de la première espèce on voit immédiatement que le roulement, ainsi entendu, n'est autre chose qu'un roulement au sens ordinaire du mot.

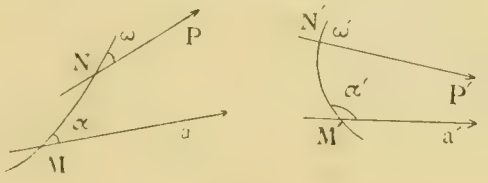


Fig. 5.

Si les deux courbes sont de la deuxième espèce, la condition de correspondance exprime que les angles totaux de contingence comptés sur les deux courbes entre a et C, et a' et C′ sont égaux. Nous avons un *roulement de deuxième espèce.*

Si enfin nos courbes sont idéales à tangentes réelles, elles apparaissent, dans le réel, sous l'aspect de faisceaux de droites à lignes de striction réelles MN, M′N′ *(fig. 5)*. Traçons les droites initiales a, a' et deux droites correspondantes P, P′; alors l'élément d'arc du faisceau aP est égal à l'élément ds de la ligne de striction pro-

jeté sur la perpendiculaire à la génératrice, ou $d\sigma = ds \sin\omega$. La condition de correspondance est celle de l'égalité entre les intégrales

$$\int_a^{>P} ds \sin\omega = \int_{a'}^{>P'} ds' \sin\omega' .$$

Dans ce genre de roulement, dit de *troisième espèce,* on transporte successivement les droites P de la première figure sur leurs correspondantes P′ de la deuxième en faisant coïncider les points centraux. Lorsque les deux faisceaux roulent ainsi l'un sur l'autre, les faisceaux orthogonaux, composés des perpendiculaires menées aux génératrices P, P′ par les points centraux N, N′ exécutent eux aussi un certain mouvement de roulement ; mais la condition de correspondance a changé de forme, les cosinus y prennent la place des sinus. Cette nouvelle espèce de roulement se produit donc toujours en même temps que l'autre, aussi me dispenserai-je de la mentionner dans la suite, et les mots *roulement de troisième espèce* seront toujours pris dans le sens primitif indiqué ci-dessus.

Comme dans les §§ précédents, il suffit de se laisser guider par l'analogie avec les faits bien connus de la Géométrie plane pour obtenir, d'une manière toute naturelle, les propriétés caractéristiques du roulement lobatchewskien ; on obtient, comme toujours, des résultats sensiblement plus compliqués.

Avant d'aborder cette étude qui fera l'objet du § suivant, prenons d'abord le mouvement exécuté par la droite invariable P_1P_2 lorsque le premier composant du couple P_1P_2 décrit la courbe C. Nous allons voir que cette droite roule sur la *développée* de C.

En effet, le centre de courbure O est déterminé par les formules (37) et (54), ou

$$\xi_0 d\sigma_3 = \sqrt{\Delta}\,(\xi_1 A_2 - \xi_2 A_1) , \qquad x_0 d\sigma_3 = \sqrt{\Delta}\,(x_1 A_2 - x_2 A_1) ,$$
$$\zeta_0 d\sigma_3 = \sqrt{\Delta}\,(\zeta_1 A_2 - \zeta_2 A_1) .$$

Or selon qu'on veut suivre le point $O(\xi_0, \ldots)$ dans son mouvement absolu sur le plan fixe, ou relatif sur la droite P_1P_2, on aura à différentier les formules qui précèdent en faisant varier toutes les lettres ou, au contraire, en maintenant invariables $\xi_1, \ldots$ et $\xi_2, \ldots$ Mais c'est indifférent, car, pendant le mouvement du couple, les formules de Frenet sont vérifiées, elles donnent

$$A_2 d\xi_1 - A_1 d\xi_2 = A_2 dx_1 - A_1 dx_2 = A_2 d\zeta_1 - A_1 d\zeta_2 = 0 .$$

Autrement dit, en désignant par les indices a et r les mouvements absolu et relatif, nous avons

$$d_a\xi_0 = d_r\xi_0 \ , \qquad d_a\eta_0 = d_r\eta_0 \ , \qquad d_a\zeta_0 = d_r\zeta_0 \ ;$$

et de là résulte que les arcs franchis par O sur la développée ou sur la droite P_1P_2 sont égaux. En outre, le point 3 est conjoint de O aussi bien pour le mouvement relatif que pour le mouvement absolu; les deux conditions du roulement étant ainsi satisfaites, la droite P_1P_2 roule sur la développée.

La recherche des *développantes* d'une courbe se rattache tout naturellement à la propriété précédente; pour la clarté, il faut toutefois remarquer ce qui suit.

Lorsqu'on cherche la développée d'une courbe, il est indifférent de savoir si cette courbe, supposée réelle pour fixer les idées, est engendrée par le mouvement d'un point ou, sous le point de vue tangentiel, par le mouvement d'une droite, sa tangente. Le passage d'un des points de vue à l'autre s'opère dualistiquement en alternant les conjoints 1 et 2; le centre de courbure, et partant la développée, ne change donc pas. De même, pour un faisceau à ligne de striction réelle, l'échange de la génératrice 1 avec sa perpendiculaire 2 est sans effet.

Dans la recherche des développantes, il importe au contraire de distinguer soigneusement le point de vue tangentiel du ponctuel. Le même lieu géométrique admettra des développantes toutes différentes suivant que l'élément générateur est un point ou une droite; il nous faut donc de nouveau employer les classements habituels.

Premier Cas. — C'est celui, très simple, où la courbe O est réelle et ponctuelle. La ligne qui roule est la tangente, les développantes sont les trajectoires des divers points de cette droite, et comme le centre instantané est au point de contact, les développantes sont équidistantes et parallèles. D'ailleurs le faisceau linéaire P_1P_2 contient encore des éléments idéaux qui sont les perpendiculaires élevées aux différents points de cette droite; ces perpendiculaires engendreront les mêmes développantes sous le point de vue tangentiel. Tout ceci est bien connu et conforme aux théorèmes de la Géométrie ordinaire.

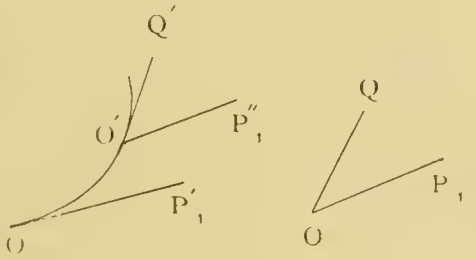


Fig. 6

Deuxième Cas. — Si la courbe réelle O est le lieu d'une droite mobile $O'Q'$, *(fig. 6)* alors la série linéaire qui lui correspond dans le plan mobile est formée de rayons issus d'un point O. Figurons à part ce faisceau par deux de ses rayons OP_1 et OQ. Ils correspondent respectivement aux tangentes OP_1' et $O'Q'$ de la courbe donnée,

de telle manière que quand OP_1', d'abord tangent à la courbe en O, s'avance jusqu'en $O'P_1''$, la nouvelle tangente $O'Q'$ fait avec $O'P_1''$ un angle $Q'OP_1'' = QOP_1$ égal à l'angle total de contingence de l'arc OO'.

L'ensemble des positions telles que $O'P_1''$ est une des développantes cherchées. Le roulement de seconde espèce qu'exécute ainsi le plan QOP_1 solidaire de OP_1, se compose d'une série de glissements instantanés le long des tangentes à la courbe donnée et celle-ci apparaît comme la ligne de striction des génératrices mobiles $O'P_1''$.

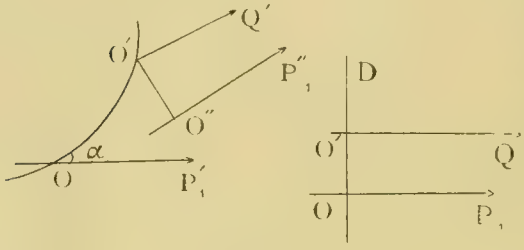


Fig. 7.

Le problème des développantes dans ce cas est une simple forme du suivant : *une courbe réelle étant tracée, construire un faisceau dont elle soit la ligne de striction.* Une solution étant connue, toutes les autres s'obtiendront en menant par le point central une droite d'inclinaison constante sur celle qui engendre la première développante.

Troisième Cas. — La courbe O est composée de droites variables, telles que OP_1', $O'Q'$ admettant une ligne de striction réelle OO' *(fig. 7)*. Le faisceau linéaire correspondant comprend toutes les perpendiculaires OP_1, $O'Q$, etc., tirées par les différents points d'une droite D. Il y a correspondance entre des droites affectées dans les deux figures de la même lettre initiale lorsque le segment rectiligne $\overline{OO'}$ de la droite D est égal à l'intégrale $\int_0^{\omega} ds \sin \alpha$ calculée sur la courbe.

Appliquons alors successivement les droites $O'Q$ sur leurs correspondantes $O'Q'$; une droite fixe OP_1 du faisceau linéaire prend une série de positions telles que $O''P_1''$, et cette série $O''P_1''$ forme une des développantes cherchées. Le mouvement du plan mobile est, dans ces conditions, un roulement de troisième espèce composé d'une série de glissements élémentaires le long des droites $O'Q'$. On reconnaît de suite que la génératrice $O''P_1''$, possède une enveloppe réelle qu'elle touche en O''; ainsi la développante apparaît plus simplement, sous le point de vue tangentiel, comme le lieu de ce point O''. A l'exemple de ce qui a lieu dans le premier cas, nos développantes sont parallèles et équidistantes.

Le problème des développantes étant ainsi complètement discuté, reprenons le cas général du roulement.

§ 8. Le roulement. Formules de Savary.

Mettons en contact au point $P_1(\xi_1, \ldots)$ la courbe mobile C avec la courbe fixe C', ou plus précisément, faisons coïncider les deux triangles $P_1P_2P_3$ et $P'_1P'_2P'_3$, puis déplaçons ces triangles le long des courbes C et C' laissées immobiles. On suppose que pendant ces mouvements simultanés P_1 et P'_1 décrivent des arcs correspondants. Au moment du départ nous avons $\xi_1 = \xi'_1, \ldots \xi_2 = \xi'_2, \ldots$, et même, en vertu des formules de Frenet et de la condition de correspondance, $d\xi_1 = d\xi'_1, \ldots A_1 = A'_1$; mais la concordance s'arrête ici, et par exemple, on n'a plus $d\xi_2 = d\xi'_2$, ni $A_2 = A'_2$, car nos courbes sont seulement tangentes et leurs courbures en général diffèrent l'une de l'autre.

Cela posé, remarquons que pendant que les triangles $P_1P_2P_3$ et $P'_1P'_2P'_3$ avancent le long de nos deux courbes, les déplacements infiniment petits de points solidairement fixés à ces triangles résultent de vitesses angulaires p, q, r et p', q', r' fournies par les formules (37). Si on maintient fixe le premier de ces triangles, le mouvement relatif de la courbe C par rapport à lui donne lieu aux vitesses angulaires $-p, -q, -r$; enfin le mouvement de roulement qui n'est qu'une combinaison de ce mouvement relatif avec le mouvement d'entraînement du triangle $P'_1P'_2P'_3$ le long de C', résulte d'une vitesse angulaire de composantes $p' - p$, $q' - q, r' - r$.

Substituons les valeurs (37) et tenons compte des concordances établies ci-dessus, il vient pour la vitesse cherchée $P = p' - p, \ldots$

$$Pf_{33} = \Delta(A'_2 - A_2)\xi_1, \quad Qf_{33} = \Delta(A'_2 - A_2)\eta_1, \quad Rf_{33} = \Delta(A'_2 - A_2)\zeta_1. \qquad (62)$$

D'où il résulte évidemment que le centre instantané est au point de contact des courbes roulantes et que la vitesse angulaire a pour valeur

$$\frac{\Delta}{f_{33}}(A'_2 - A_2) = -d\sigma_1 f_{11}\left(\frac{A'_2 - A_2}{A_1}\right)\sqrt{\Delta} \quad f_{22}d\sigma_1(c' \quad c)\sqrt{\Delta}. \qquad (63)$$

Dans cette formule c et c' représentent les courbures de nos lignes C et C' en leur point de contact, ces lettres c et c' doivent, bien entendu, être calculées avec les signes qui leur reviennent d'après (55).

Il est clair que si le roulement est de première espèce, le mouvement instantané est une véritable rotation, tandis qu'il devient un glissement pour les roulements de deuxième et de troisième espèces.

Afin de ne rien omettre d'essentiel, observons que *tout mouvement fini d'un plan sur lui-même est un roulement.* Ce fait, évident à cause des analogies avec les Géométries euclidiennes plane et sphérique, résulte d'ailleurs immédiatement des formules de la transformation des axes. Il suffit de se baser sur la forme linéaire de ces équations; en les différentiant on constate que la vitesse du centre est la même par rapport aux plans fixe et mobile. C'est la double condition du roulement; on déduit de là, par les règles classiques, la base et la roulante comme lieux du centre instantané dans l'un et l'autre plan.

Je terminerai ces quelques remarques en déterminant la courbure des trajectoires des divers points de la figure mobile. C'est le problème de Savary, il nous fournira une nouvelle application de la formule (55). Pour le résoudre, observons que les propriétés du mouvement instantané consignées dans les équations (13), (14) et (16), constituent en réalité les équations différentielles linéaires d'un mouvement quelconque de roulement, si on y remplace les p, q, r par les valeurs P, Q, R de la formule (62). Il suffit dès lors d'une nouvelle dérivation pour obtenir la courbure cherchée en appliquant l'équation (55).

Désignons toujours comme plus haut par $\mathrm{P}(\xi_1, \ldots)$ le point qui décrit la base et la roulante, par ξ, η, ζ sans indices les coordonnées du point M engendrant la roulette ; prenons une variable indépendante t telle que

$$dt = \sqrt{\Delta} f_{22}(c' - c)\, d\sigma_1 ,$$

ce qui donne

$$\mathrm{P} = \xi_1 dt , \quad \mathrm{Q} = \eta_1 dt , \quad \mathrm{R} = \zeta_1 dt .$$

Posons, pour abréger, en désignant par des accents, mais aux seconds membres seulement, les dérivées relatives à la lettre t,

$$\left.\begin{array}{lll} \mathrm{X} = (\eta_1 \zeta) , & \mathrm{Y} = (\zeta_1 \xi) , & \mathrm{Z} = (\xi_1 \eta) , \\ \mathrm{X}' = (\eta_1' \zeta) , & \mathrm{Y}' = (\zeta_1' \xi) , & \mathrm{Z}' = (\xi_1' \eta) , \\ \mathrm{X}'' = (\eta_1 \zeta') , & \mathrm{Y}'' = (\zeta_1 \xi') , & \mathrm{Z}'' = (\xi_1 \eta') . \end{array}\right\} \qquad (64)$$

Différentions les équations (13), ou

$$\frac{d\xi}{dt} = \frac{1}{2\Delta} \frac{\partial g}{\partial \mathrm{X}} , \quad \frac{d\eta}{dt} = \frac{1}{2\Delta} \frac{\partial g}{\partial \mathrm{Y}} , \quad \frac{d\zeta}{dt} = \frac{1}{2\Delta} \frac{\partial g}{\partial \mathrm{Z}} ,$$

qui sont celles du mouvement de M, lorsque le point P_1, fonction de la variable t, engendre la base. Il vient

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = \frac{1}{2\Delta}\left(\frac{\partial g}{\partial X'} + \frac{\partial g}{\partial X''}\right), \quad \frac{d^2\eta}{dt^2} = \frac{1}{2\Delta}\left(\frac{\partial g}{\partial Y'} + \frac{\partial g}{\partial Y''}\right).$$

$$\frac{d^2\zeta}{dt^2} = \frac{1}{2\Delta}\left(\frac{\partial g}{\partial Z'} + \frac{\partial g}{\partial Z''}\right).$$

Le numérateur de la courbure cherchée est le déterminant $D = \begin{vmatrix} \xi & \frac{d\eta}{dt} & \frac{d^2\zeta}{dt^2} \end{vmatrix}$.

les valeurs précédentes $\frac{d^2\xi}{dt^2}$, ... le font apparaître sous la forme binôme $D = D' + D''$. avec

$$D' = \frac{1}{4\Delta^2}\begin{vmatrix} \xi & \eta & \zeta \\ \frac{\partial g}{\partial X} & \frac{\partial g}{\partial Y} & \frac{\partial g}{\partial Z} \\ \frac{\partial g}{\partial X'} & \frac{\partial g}{\partial Y'} & \frac{\partial g}{\partial Z'} \end{vmatrix}, \quad \text{et} \quad D'' = \frac{1}{4\Delta^2}\begin{vmatrix} \xi & \eta & \zeta \\ \frac{\partial g}{\partial X} & \frac{\partial g}{\partial Y} & \frac{\partial g}{\partial Z} \\ \frac{\partial g}{\partial X''} & \frac{\partial g}{\partial Y''} & \frac{\partial g}{\partial Z''} \end{vmatrix}.$$

Il s'agit de développer ces déterminants D′ et D″.

Or D′, par exemple, est bilinéaire gauche par rapport aux lignes X, Y, Z et X′, Y′, Z′, on a donc une formule comme

$$D' = \frac{1}{4\Delta^2}[(YZ')A + (ZX')B + (XY')C];$$

ces coefficients A, B, C ne dépendent pas des valeurs particulières X, ... X′, ... écrites ci-dessus; on peut donc poser, pour les déterminer

$$X = 0, \quad Y = 1, \quad Z = 0; \qquad X' = Y' = 0, \quad Z' = 1,$$

ce qui donne $(YZ') = 1$, $(ZX') = (XY') = 0$. La valeur obtenue directement pour D′ est $\frac{1}{2\Delta}\frac{\partial f}{\partial \xi}$, celle déduite de la formule est $\frac{A}{4\Delta^2}$, ainsi $A = 2\Delta\frac{\partial f}{\partial \xi}$, et

$$D' = \frac{1}{2\Delta}\left[(YZ')\frac{\partial f}{\partial \xi} + (ZX')\frac{\partial f}{\partial \eta} + (XY')\frac{\partial f}{\partial \zeta}\right]. \tag{65}$$

De la même manière

$$D'' = \frac{1}{2\Delta}\left[(YZ'')\frac{\partial f}{\partial \xi} + (ZX'')\frac{\partial f}{\partial \eta} + (XY'')\frac{\partial f}{\partial \zeta}\right]. \tag{66}$$

Ce ne sont pas là encore les valeurs définitives, il nous faut les réduire en substituant les expressions (64) des X, ... X′, ... X″, ...

Reprenons D′ et remarquons que cette quantité possède le caractère bilinéaire gauche relativement aux séries ξ_1, η_1, ζ_1 et ξ'_1, η'_1, ζ'_1; elle est donc de la forme

$$D' = (\eta_1\zeta'_1)\,L + (\zeta_1\xi'_1)\,M + (\xi_1\eta'_1)\,N \ .$$

la détermination des nouveaux coefficients L, M, N se fera par le procédé employé plus haut pour A, B, C.

Faisons

$$\xi_1 = 0 \ , \quad \eta_1 = 1 \ , \quad \zeta_1 = 0 \qquad \text{et} \qquad \xi'_1 = 0 \ , \quad \eta'_1 = 0 \ , \quad \zeta'_1 = 1 \ .$$

d'où

$$(YZ') = \xi^2 \ , \qquad (ZX') = \xi\eta \ , \qquad (XY') = \xi\zeta \ ;$$

la comparaison des deux expressions de D′ donne $L = \frac{\xi}{\Delta} f_{\xi,\eta,\zeta}$, puis

$$D' = \frac{1}{\Delta} f_{\xi,\eta,\zeta}[\xi(\eta_1\zeta'_1) + \eta(\zeta_1\xi'_1) + \zeta(\xi_1\eta_1)] \ .$$

Empruntons enfin aux formules (40) les valeurs des déterminants $(\eta_1\zeta'_1)$... telles que

$$(\eta_1\zeta'_1) = \left(\eta_1 \frac{d\zeta_1}{d\sigma_1}\right)\frac{d\sigma_1}{dt} = \frac{1}{2\sqrt{\Delta}}\frac{\partial f}{\partial \xi_2}\frac{d\sigma_1}{dt} \ .$$

il vient finalement pour D′

$$D' = \frac{1}{2\Delta^{3/2}} f_{\xi,\eta,\zeta}\left[\xi\frac{\partial f}{\partial \xi_2} + \eta\frac{\partial f}{\partial \eta_2} + \zeta\frac{\partial f}{\partial \zeta_2}\right]\frac{d\sigma_1}{dt} = \frac{1}{\Delta^{3/2}} f_{\xi,\xi} f_{\xi,\xi_2}\frac{d\sigma_1}{dt} \ . \qquad (67)$$

De même, pour réduire D″, récrivons explicitement les quantités X″, Y″, Z″ sous la forme développée

$$X'' = \eta_1\frac{d\zeta}{dt} - \zeta_1\frac{d\eta}{dt} = \frac{1}{2\Delta}\left(\eta_1\frac{\partial g}{\partial Z} - \zeta_1\frac{\partial g}{\partial Y}\right) \ .$$

$$Y'' = \zeta_1\frac{d\xi}{dt} - \xi_1\frac{d\zeta}{dt} = \frac{1}{2\Delta}\left(\zeta_1\frac{\partial g}{\partial X} - \xi_1\frac{\partial g}{\partial Z}\right) \ .$$

$$Z'' = \xi_1\frac{d\eta}{dt} - \eta_1\frac{d\xi}{dt} = \frac{1}{2\Delta}\left(\xi_1\frac{\partial g}{\partial Y} - \eta_1\frac{\partial g}{\partial X}\right) \ .$$

d'où l'on tire

$$(YZ'') = \frac{1}{2\Delta}\left[\xi_1\left(X\frac{\partial g}{\partial X} + Y\frac{\partial g}{\partial Y} + Z\frac{\partial g}{\partial Z}\right) - \frac{\partial g}{\partial X}(\xi_1 X + \eta_1 Y + \zeta_1 Z)\right] .$$

ou, le coefficient de $\frac{\partial g}{\partial X}$ étant évidemment nul,

$$(YZ'') = \frac{\xi_1}{\Delta} g_{X,Y,Z} , \qquad (ZX'') = \frac{\eta_1}{\Delta} g_{X,Y,Z} , \qquad (XY'') = \frac{\zeta_1}{\Delta} g_{X,Y,Z} .$$

Si on porte ces valeurs dans la formule (66), il vient

$$D'' = \frac{1}{2\Delta^2}\left(\xi_1\frac{\partial f}{\partial \xi} + \eta_1\frac{\partial f}{\partial \eta} + \zeta_1\frac{\partial f}{\partial \zeta}\right) g_{X,Y,Z} = \frac{1}{\Delta^2} f_{\xi,\xi_1} g_{X,Y,Z} .$$

ou encore à cause de $g_{X,Y,Z} = f_{11} f_{\xi\xi} - f^2_{1,\xi}$.

$$D'' = \frac{1}{\Delta^2}(f_{11} f_{1\xi} f_{\xi\xi} - f^3_{1\xi}) . \qquad (68)$$

Réunissant enfin les deux parties (67) et (68) de $D = D' + D''$, nous obtenons

$$\Delta^2 D = (f_{11} f_{1\xi} f_{\xi\xi} - f^3_{1\xi}) + f_{\xi\xi} f_{\xi\xi_1} \frac{d\sigma_1}{dt}\sqrt{\Delta} , \qquad (69)$$

ou bien, en observant que $f_{11} f_{\xi\xi} = \pm 1$, sous une forme plus claire

$$\Delta^2 D = -f_{1\xi}(f^2_{1\xi} \mp 1) + f_{\xi\xi} f_{\xi\xi_1} \frac{d\sigma_1}{dt}\sqrt{\Delta} . \qquad (70)$$

Pour obtenir la courbure du lieu engendré par le déplacement du point $M(\xi, \eta, \zeta)$, il suffit maintenant de diviser la valeur de $\sqrt{\Delta} D$ par la quantité $\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)^3$, dans laquelle $d\sigma$ désigne l'élément d'arc tracé par M, ou $d\sigma^2 = \pm f_{d\xi, d\xi}$. Or d'après (18) et les formules écrites plus haut pour P, Q, R, on a

$$\Delta\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)^2 = \pm(f^2_{1\xi} \mp 1) .$$

Le deuxième signe ambigu est égal à $f_{11} f_{\xi\xi}$ tandis que le premier se détermine de manière que le second membre soit positif.

En résumé la courbure du lieu de M est donné par la formule

$$\left[-f_{1\xi}(f^2_{1\xi} \mp 1) + \frac{f_{\xi\xi} f_{\xi\xi_1} f_{22}}{c'}\right] : [\pm(f^2_{1\xi} \mp 1)]^{\frac{3}{2}} . \qquad (71)$$

L'application de ce résultat exige une certaine attention à cause des cas assez nombreux qu'il faut examiner successivement. Pour ne pas s'égarer, il convient de remarquer que $P_1(\xi_1, \ldots)$ est supposé tracer la base du roulement, et que l'élément $d\sigma_1$ de cette base est toujours pris en valeur absolue. Le conjoint $P_2(\xi_2, \ldots)$ est déterminé par les formules (40), les courbures c et c' de la roulante et de la base par les équations $c = \sqrt{\Delta} \left| \xi_1 \frac{d\sigma_1}{d\sigma_1} \frac{d^2\zeta_1}{d\sigma_1^2} \right|$, etc. On voit par là qu'un changement de sens dans la description de la courbe C est sans effet sur la courbure du lieu M, tandis que si on change le signe du point P_1, cette courbure change également de signe.

On remarquera aussi que $P_2(\xi_2, \ldots)$, conjoint de $P_1(\xi_1, \ldots)$, est bien souvent idéal; sa détermination concrète comme élément réel a été expliquée ci-dessus. On a vu que si P_1 est réel, P_2 est la tangente tirée dans le sens de la croissance de

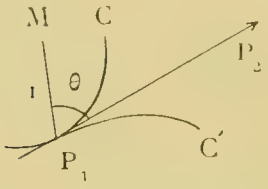


Fig. 8.

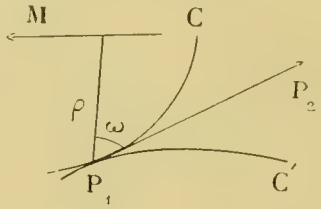


Fig. 9.

σ_1, c'est le premier cas du roulement. Dans le deuxième, P_1 est une droite à enveloppe réelle, P_2 est le point de contact avec cette enveloppe, positif ou négatif selon que P_1 tourne dans le sens direct ou inverse, et ordinairement nous prenons comme sens direct celui de gauche à droite. Dans le troisième cas enfin, P_1 est une droite à ligne de striction réelle, et P_2 est la perpendiculaire élevée par le point central sur la génératrice, du côté de son déplacement infiniment petit.

Tout ceci étant bien compris, il devient facile d'appliquer la formule (71) puisqu'elle ne contient que des invariants $f_{\alpha\beta}$ de points ou de droites, et que les signes ou sens de ces éléments sont toujours bien définis. Pour le calcul, il est avantageux, mais non indispensable, de faire $f = \xi^2 - \eta^2 - \zeta^2$ et $\Delta = +1$. Je me bornerai à transcrire ici les résultats laissant au lecteur le soin de les vérifier.

Premier Cas. — Roulement de première espèce, le point décrivant M est réel *(fig. 8)*. Les coordonnées employées sont les polaires, ou $P_1M = r$, et $\delta = MP_1P_2$ angle compté à gauche de la tangente P_1P_2 aux courbes roulantes. On a

$$\text{Courbure} = -\coth\frac{r}{k} + \frac{1}{c - c'}\frac{\sin\delta}{\operatorname{sh}^2\frac{r}{k}}.$$

Deuxième Cas. — Le même que le précédent, sauf que le point décrivant est idéal et apparaît sous la forme d'une droite M *(fig. 9)*. Les coordonnées employées sont les podaires ρ et ω rapportées à la tangente P_1P_2 aux courbes roulantes comme l'indique la figure. On a

$$\text{Courbure} = -\,tgh\,\frac{\rho}{k} + \frac{1}{c-c'}\,\frac{sin\,\omega}{ch^2\,\frac{\rho}{k}}\,.$$

Troisième Cas. — Le roulement est de seconde espèce, le point décrivant M est réel *(fig. 10)*. Pour le calcul des courbures c et c' qui, bien entendu, sont ici relatives au déplacement de la tangente P_2P_1, on suppose que cette tangente tourne

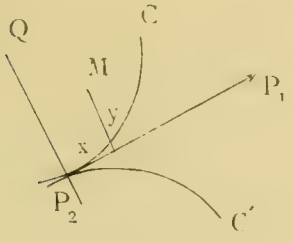


Fig. 10.

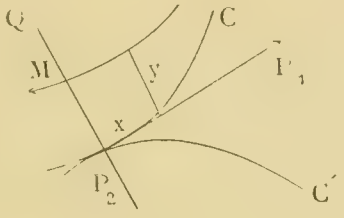


Fig. 11.

de gauche à droite. Les coordonnées employées sont les rectangulaires x, y, cette dernière comptée à gauche de P_2P_1.

$$\text{Courbure} = -\,tgh\,\frac{y}{k} + \frac{1}{c'-c}\,\frac{ch\,\frac{x}{k}}{ch^2\,\frac{y}{k}}\,.$$

Quatrième Cas. — Même cas que le précédent, mêmes conventions, mais l'élément M est devenu une droite non-sécante de P_2P_1 *(fig 11)*. On admet que M est tiré en sens contraire de P_2P_1, il est rapporté aux coordonnées rectangulaires x, y tracées comme l'indique la figure.

$$\text{Courbure} = -\,coth\,\frac{y}{k} + \frac{1}{c-c'}\,\frac{ch\,\frac{x}{k}}{sh^2\,\frac{y}{k}}\,.$$

Cinquième Cas. — Le même que le précédent, mêmes conventions, mais la

droite M est sécante de P_2P_1 *(fig. 12)*. Les coordonnées à employer sont les mixtes x, α, comme dans la figure. On a

$$\text{Courbure} = -\cot\alpha + \frac{1}{c - c'}\,\frac{sh\,\frac{x}{k}}{\sin^2\alpha}\,.$$

Sixième Cas. — Le roulement est de troisième espèce, la génératrice QP_1 a Q pour point central et selon qu'elle se déplace dans le plan fixe ou dans le plan mobile, elle engendre la base ou la roulante *(fig. 13)*. On suppose ces mouvements exécutés dans un sens tel que l'élément QP_2, conjoint de QP_1, se trouve à gauche de ce dernier. Enfin le point M qui décrit la roulette est réel, il est rapporté aux coordonnées rectangulaires x, y indiquées sur la figure.

$$\text{Courbure} = -\,tgh\,\frac{y}{k} + \frac{1}{c' - c}\,\frac{sh\,\frac{x}{k}}{ch^2\,\frac{y}{k}}\,.$$

Septième Cas. — Le même que le précédent, sauf que l'élément décrivant est cette fois une droite M *(fig. 14)*. Nous la supposons non sécante de QP_1 et de même sens que celle-ci. Les coordonnées sont les rectangulaires x, y relatives à la perpendiculaire commune.

$$\text{Courbure} = -\coth\,\frac{y}{k} + \frac{1}{c' - c}\,\frac{sh\,\frac{x}{k}}{sh^2\,\frac{y}{k}}\,.$$

Huitième Cas. — Idem, la droite est seulement sécante de QP_1 *(fig. 15)*. Les coordonnées indiquées par le dessin sont les mixtes x, α relatives au point d'intersection R. Alors

$$\text{Courbure} = -\cot\alpha + \frac{1}{c - c'}\,\frac{ch\,\frac{x}{k}}{\sin^2\alpha}\,.$$

Dans les huit cas les coordonnées ont été choisies d'après les analogies suggérées par le premier d'entre eux ; ainsi s'expliquent les similitudes de forme que présentent les résultats obtenus.

Le théorème de Savary est susceptible d'une généralisation, quand on envisage

non plus la roulette décrite par un point, mais celle enveloppée par une courbe γ fixement liée à la courbe mobile.

Cette généralisation se fait sans difficulté en remarquant que si γ enveloppe γ' quand C roule sur C', et si γ' enveloppe γ'' quand C' roule sur C'', alors γ enveloppe aussi γ'' quand C roule sur C''; c'est une sorte de propriété transitive du roulement.

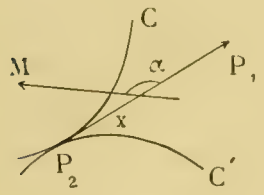


Fig. 12.

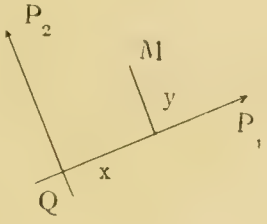


Fig. 13

Ainsi donc, pour ramener le problème du roulement d'une courbe γ à celui d'un point M, il suffira de déterminer la courbe C'' telle qu'en la faisant rouler sur C, un point M de son plan engendre γ. Lorsque C'' roulera sur C' le lieu de M sera justement l'enveloppe de γ pendant le roulement de C sur C'. On voit qu'une double application des formules de Savary, relatives au roulement d'un point, fournira la courbure de la roulette engendrée par γ.

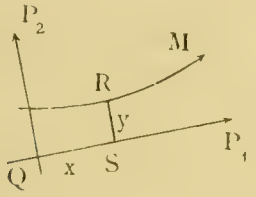


Fig. 14.

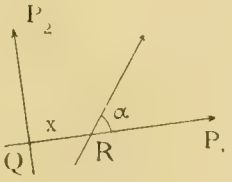


Fig. 15.

Toutes les propriétés précédentes s'étendent immédiatement de la Géométrie ordinaire à celle de Lobatchewski. Les formules développées pour les huit cas envisagés plus haut sont donc suffisantes pour résoudre le problème de la courbure dans le cas le plus général du roulement.

Les résultats offriront naturellement une grande variété suivant la nature du roulement envisagé et suivant que la courbe γ présente un caractère ponctuel ou tangentiel. Pour ce motif, je me dispenserai de les transcrire ici.

§ 9. Généralités sur la Géométrie réglée de Lobatchewski.

Les recherches de divers géomètres, notamment de M. Study, ont montré que la Géométrie hyperbolique à trois dimensions présente, avec la planimétrie elliptique, la plus frappante analogie. Il suffit, pour faire apparaître le parallélisme des deux théories, de prendre, comme élément d'espace, non pas le point mais la droite, ou, si l'on veut, de mettre en correspondance les ∞^4 droites de l'espace réglé de Lobatchewski avec les ∞^4 points imaginaires du plan de Riemann. On peut, à la place du plan elliptique, se servir de la sphère euclidienne pour le même usage [1].

Toute géométrie particulière est complètement définie par la structure de son groupe des mouvements. Ainsi, l'identité foncière de la Géométrie réglée hyperbolique avec la planimétrie riemannienne provient du fait que le groupe de l'espace réglé est isomorphe au groupe orthogonal ordinaire des rotations autour d'un point, du moins lorsque les paramètres de ce groupe orthogonal cessent d'être réels pour devenir complexes.

On conçoit donc comment la théorie de la courbure exposée ci-dessus peut être transportée directement à la Géométrie hyperbolique réglée. Au point de vue analytique, le passage consiste simplement à remplacer la forme f dont nous avons parlé par $f = x^2 + y^2 + z^2$, tout en admettant des valeurs complexes pour les indéterminées x, y, z. Chacune des déterminations x, y, z, représente une droite de l'espace ; ainsi les monoséries $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ ne sont plus des courbes, mais des surfaces réglées.

L'une des Géométries sert d'image à l'autre. Par exemple, toutes les formules données plus haut pour la courbure, le roulement, etc., des courbes planes, expriment certaines propriétés des surfaces réglées, et on peut dégager la signification géométrique de ces propriétés par une interprétation convenable. C'est à cette sorte de traduction qu'est consacrée la dernière partie de ce travail. Mais avant de l'entreprendre, il nous faut d'abord étudier dans ce § le principe même de la correspondance entre les deux Géométries. Nous nous bornons à un bref aperçu sans entrer dans les détails.

La droite. — On sait qu'en Géométrie hyperbolique à trois dimensions les

[1] M. R. de Saussure, dans deux mémoires, *Sur la Géométrie cinématique réglée* et *Sur le calcul géométrique réglé*, insérés à l'American Journ. of Mathematics (vol. XVIII et XIX) avait déjà établi une correspondance analogue pour la Géométrie euclidienne.

points sont déterminés par quatre coordonnées homogènes ξ, x, ζ, τ. Le caractère réel ou idéal d'un point P(ξ, x, ζ, τ) se reconnait au signe de la forme fondamentale

$$f = \xi^2 - x^2 - \zeta^2 - \tau^2 .$$

Si les coordonnées sont absolues, et que le point P soit réel, on a $f = +1$, et en outre, quand P est positif, ξ l'est aussi. De même, on a $f = -1$ pour les points idéaux représentés dans le réel par des plans, et $f = 0$ pour les points situés à l'infini.

Le groupe des mouvements est le groupe continu à six paramètres laissant f invariant. Si $P_1(\xi_1, \ldots)$ et $P_2(\xi_2, \ldots)$ sont deux points donnés par leurs coordonnées absolues, l'émanant

$$f_{12} = \xi_1\xi_2 - x_1x_2 - \zeta_1\zeta_2 - \tau_1\tau_2$$

est l'invariant fondamental du groupe.

Lorsque les points sont réels et positifs, si δ représente leur distance, on a $f_{12} = ch\,\frac{\delta}{k}$; lorsque ces points ne sont pas réels tous les deux, f_{12} admet diverses interprétations; si nous avons, par exemple, affaire à deux plans réels sécants, se coupant sous l'angle i, on a $f_{12} = \cos i$.

Prenons deux points et disposons leurs coordonnées *homogènes* sur deux lignes, comme suit

$$\begin{array}{cccc} \xi_1 & x_1 & \zeta_1 & \tau_1 \\ \xi_2 & x_2 & \zeta_2 & \tau_2 \end{array} .$$

Formons avec ce schéma les six mineurs

$$\left.\begin{array}{lll} l = (\xi_1 x_2) , & m = -(\xi_1 \zeta_2) , & n = (\xi_1 \tau_2) , \\ p = (\zeta_1 \tau_2) , & q = (\tau_1 x_2) , & r = (x_1 \zeta_2) . \end{array}\right\} \qquad (72)$$

Nous regarderons ces déterminants comme définissant la droite P_1P_2; ces coordonnées sont évidemment surabondantes et vérifient la relation

$$lp + mq + nr = 0 . \qquad (73)$$

Réciproquement six quantités l, m, n, p, q, r représentent toujours une droite si elles vérifient la condition (73); les équations de cette droite sont

$$n\zeta - m\tau = p\xi , \qquad l\tau - nx = q\xi , \qquad mx - l\zeta = r\xi ,$$

et on reconnait que si 1 et 2 sont deux points quelconques appartenant à cette

droite, les coordonnées $l, \ldots r$ ont bien les significations qui leur sont attribuées par les formules (72).

Pour reconnaître si une droite $D(l, \ldots r)$ est réelle ou idéale, il faut savoir si les intersections de cette droite avec la sphère de l'infini sont réelles ou imaginaires. Dans ce but envisageons l'identité suivante, qui résulte des définitions (72) et de la théorie des formes adjointes

$$l^2 + m^2 + n^2 - p^2 - q^2 - r^2 = f_{12}^2 - f_{11} f_{22} \ . \qquad (74)$$

Si D est réelle, alors on peut aussi choisir réels les points $P_1(\xi_1, \ldots)$ et $P_2(\xi_2, \ldots)$; de là $f_{11} = f_{22} = +1$, et $f_{12} = ch \frac{\delta}{k} > 1$; ces formules supposent, il est vrai, les coordonnées $\xi_1, \ldots \xi_2, \ldots$ absolues, mais c'est une hypothèse indifférente. On a dès lors, pour une droite réelle, en vertu de (74), l'inégalité

$$l^2 + m^2 + n^2 - p^2 - q^2 - r^2 > 0 \ .$$

Si la droite D était idéale, 1 et 2 le seraient aussi ; on aurait $f_{11} = f_{22} = -1$, $f_{11} f_{22} = +1$; en outre, comme on a vu plus haut, $f_{12} = cos\ i$. Cette fois, la quantité

$$\varphi = l^2 + m^2 + n^2 - p^2 - q^2 - r^2 = - sin^2\ i$$

est négative. Ainsi, c'est le signe de φ qui indique la situation de $D(l, \ldots r)$ par rapport à la sphère de l'infini.

Le plus souvent, il importe de convertir les coordonnées *homogènes* $l, \ldots r$, considérées jusqu'à présent en coordonnées *absolues*, de manière qu'on ait $\varphi = \pm 1$ selon que D est réelle ou idéale. On y arrive en divisant les déterminants $(\xi_1 \eta_2), \ldots$ du schéma (72) par la quantité $\sqrt{\pm (f_{12}^2 - f_{11} f_{22})}$, égale, suivant les cas, à $sh \frac{\delta}{k}$ ou $sin\ i$.

L'emploi de ces coordonnées absolues s'impose surtout quand on a affaire à des droites réelles et, dans ce cas, nous prendrons toujours $sh \frac{\delta}{k}$ positif. Alors les coordonnées absolues, essentiellement indépendantes du choix sur D des points 1 et 2, changent cependant de signe quand on alterne ces points. On réalise ainsi l'avantage d'avoir deux représentations différentes l, m, n, p, q, r, et $-l, -m, -n, -p, -q, -r$ pour deux demi-droites opposées. Il reste entendu dans la suite que la droite D de coordonnées $l = \frac{(\xi_1 \eta_2)}{sh \frac{\delta}{k}}, \ldots$ est tracée de P_1 vers P_2.

Nous n'aurons plus dans la suite à considérer les droites idéales; la raison en est la suivante. Prenons une droite quelconque et associons-lui sa conjuguée par rapport à la sphère de l'infini. Les deux droites forment un couple, à correspondance biunivoque et réciproque, chacun des éléments du couple peut servir de représentant à l'autre et au couple entier. Or, de ces éléments, un et un seul est toujours réel.

En invoquant le fait que deux points placés à volonté sur les deux droites conjuguées sont eux-mêmes conjugués, nous obtenons presque immédiatement les relations qui existent entre les coordonnées de deux droites conjuguées; ce sont

$$\frac{l_2}{-p_1} = \frac{m_2}{-q_1} = \frac{n_2}{-r_1} = \frac{p_2}{l_1} = \frac{q_2}{m_1} = \frac{r_2}{n_1} .$$

Bien que nous n'ayons plus à envisager désormais que des droites réelles, donnant $\varphi = +1$, il est important de se rappeler constamment l'existence de la conjuguée qui forme, pour ainsi dire, la réplique idéale de toute droite réelle donnée. C'est par là qu'on s'expliquera le caractère binaire des propriétés de la droite, le fait de l'existence de deux invariants réels pour deux droites données, etc.

Le mouvement. — Passons à l'étude du mouvement dans l'espace hyperbolique et proposons-nous de déterminer l'effet produit sur les coordonnées linéaires $D(l, \ldots r)$ par un déplacement quelconque.

Au point du vue ponctuel, un déplacement est une des transformations du groupe projectif, à déterminant $+1$, qui laisse invariante la forme $f = \xi^2 - \eta^2 - \zeta^2 - \tau^2$; soit H ce groupe. Il est clair que toute transformation de H transforme linéairement les mineurs $(\xi_1 \eta_2), \ldots (\eta_1 \zeta_2)$. L'ensemble des déplacements constitue donc, en l, m, n, p, q, r, un groupe linéaire G à six paramètres, isomorphe au groupe ponctuel H.

Représentons toujours par φ_{11} ou φ_{11}, la forme $l^2 + m^2 + n^2 - p^2 - q^2 - r^2$, par φ_{12} l'émanant relatif à deux droites D_1, D_2, dont la première a été obtenue, par exemple, en joignant les points $1'$ et $2'$, et la seconde en joignant les points $3'$ et $4'$. Empruntons à la théorie des formes adjointes l'identité bien connue

$$f_{1'3'} f_{2'4'} - f_{1'4'} f_{2'3'} = \varphi_{12} .$$

Son premier membre ne change pas quand on exécute une des transformations du groupe H; donc le groupe adjoint G laissera φ_{12} invariant. On peut dire que G appartient à la fonction φ.

Cette propriété ne suffit pas pour déterminer G; je dis que G laisse encore

invariant le trinôme $lp + mq + nr$. En effet, si le mouvement change $l, m, \ldots r$ en L, M, ... R, le trinôme LP + MQ + NR doit se réduire à zéro toutes les fois que $lp + mq + nr$ est nul, ou que $D(l, m, \ldots r)$ représente une droite. On aura donc identiquement, pour toute transformation de G,

$$LP + MQ + NR = a(lp + mq + nr) .$$

Enfin, puisque le déterminant de G est l'unité, et que a^6 est l'invariant de la transformée, on a nécessairement $a^6 = 1$; or G est continu et possède la transformation identique, donc $a = 1$.

En résumé on peut dire que le groupe G, à coefficients réels, laisse invariantes les formes $l^2 + m^2 + n^2 - p^2 - q^2 - r^2$, et $lp + mq + nr$. C'est dire qu'il laisse invariante la forme complexe $\varphi + 2i(lp + mq + nr)$, ou

$$(l + ip)^2 + (m + iq)^2 + (n + ir)^2 .$$

Représentons dès lors par λ, μ, ν les trois *coordonnées complexes* de la droite, définies comme suit

$$\lambda = l + ip . \quad \mu = m + iq , \quad \nu = n + ir .$$

Le groupe G n'est plus que le groupe orthogonal ordinaire laissant invariante la forme $\lambda^2 + \mu^2 + \nu^2$; en effet, le décompte des paramètres du groupe orthogonal complexe montre que G, qui est d'ordre 6, n'en peut pas être un sous-groupe.

Pour obtenir la forme explicite de G, il suffira de prendre les formules ordinaires de O. Rodrigues et d'y remplacer les paramètres réels e, f, g, h par des quantités complexes quelconques. Les équations ainsi transformées contiennent six paramètres réels; le retour du groupe G ainsi constitué au groupe ponctuel H est facile, mais sans utilité pour nous.

Invariant de deux droites. — La quantité $I = \lambda_1\lambda_2 + \mu_1\mu_2 + \nu_1\nu_2$, est l'invariant fondamental du groupe G ; nous avons à en rechercher la signification géométrique.

En premier lieu, si deux droites se rencontrent sous un angle droit, nous avons $I = 0$, car on pourrait les prendre comme axes coordonnés OX, OY, et pour ceux-ci

$$\lambda_1 = 1, \mu_1 = 0, \nu_1 = 0 , \quad \text{et} \quad \lambda_2 = 0, \mu_2 = 1, \nu_2 = 0 ,$$

ce qui donne $I = 0$.

Réciproquement, si $I = 0$, je dis que nos deux droites $D_1(\lambda_1, \ldots)$ et $D_2(\lambda_2, \ldots)$ se coupent à angle droit. En effet, la première étant choisie pour axe OZ, la con-

dition se réduit à $\nu_2 = 0$. Les coordonnées réelles de D_2 sont alors

$$l_2 , \quad m_2 , \quad 0 , \qquad p_2 , \quad q_2 , \quad 0 ,$$

et ses équations

$$-m_2\tau = p_2\xi , \qquad l_2\tau = q_2\xi , \qquad m_2\eta - l_2\zeta = 0 , \tag{75}$$

sont satisfaites par le point appartenant aussi à l'axe OZ et dont les coordonnées sont

$$\xi = \frac{l_2}{\sqrt{l_2^2 - q_2^2}} , \quad \eta = 0 , \quad \zeta = 0 , \quad \tau = \frac{q_2}{\sqrt{l_2^2 - q_2^2}} ;$$

ceci à cause de l'identité $l_2 p_2 + m_2 q_2 = 0$ que nous savons vérifiée.

La même identité, jointe à la condition $l_2^2 + m_2^2 - p_2^2 - q_2^2 = 1$, donne $l_2^2 - q_2^2 > 0$; par suite, le point commun à deux droites D_1, D_2 d'invariant nul est nécessairement réel.

Prenons toujours D_1 comme axe OZ ; faisons passer le plan XOZ par D_2, les équations (75) doivent avoir pour conséquence $\zeta = 0$; ainsi, d'après la dernière, $m_2 = 0$, puis, par la première $p_2 = 0$. Si enfin l'origine est au point commun il faut que $q_2 = 0$, et l'on aura finalement pour les coordonnées de D_2

$$l_2 = \pm 1 , \quad m_2 = 0 , \quad n_2 = 0 , \quad p_2 = 0 , \quad q_2 = 0 , \quad r_2 = 0 .$$

La droite D_2 coïncide avec OX, elle rencontre bien D_1, ou OZ, sous un angle droit.

De là résulte qu'une équation linéaire telle que

$$a\lambda + b\mu + c\nu = 0 ,$$

représente la congruence des droites normales à un axe dont les coordonnées sont a, b, c ; c'est, si l'on préfère, l'ensemble des sécantes communes à une droite fixe et à sa conjuguée.

Il suit encore de ce qui précède que deux droites $D_1(\lambda_1, \ldots)$ et $D_2(\lambda_2, \ldots)$ admettent toujours une et une seule perpendiculaire commune déterminée par les coordonnées homogènes $L = (\mu_1\nu_2)$, $M = (\nu_1\lambda_2)$, $N = (\lambda_1\mu_2)$. Toutefois il y aurait exception si

$$L^2 + M^2 + N^2 = (\mu_1\nu_2)^2 + (\nu_1\lambda_2)^2 + (\lambda_1\mu_2)^2 = 0 ;$$

ce cas qui est évidemment celui du parallélisme se reconnaît aussi par l'égalité

$$I = \lambda_1\lambda_2 + \mu_1\mu_2 + \nu_1\nu_2 = \pm 1 .$$

Nous sommes maintenant à même de déterminer dans tous les cas la signification de l'invariant I. La voici.

Tirons la perpendiculaire commune aux droites D_1 et D_2, soient β sa longueur (le module k de la Géométrie de Lobatchewski est pris comme unité pour simplifier l'écriture), α l'angle des deux droites mesuré par celui de deux plans respectivement perpendiculaires à chacune et menés par la perpendiculaire commune. On a alors

$$I = \lambda_1\lambda_2 + \mu_1\mu_2 + \nu_1\nu_2 = \cos(\alpha + \beta i) .$$

L'application correcte de cette formule exige qu'on ait fixé avec précision la valeur de α parmi toutes les déterminations possibles de cet angle.

Convenons que β est toujours positif ; plaçons un observateur le long de la perpendiculaire commune, les pieds en D_1, la tête au delà de D_2, α est alors l'angle polaire dont il faut faire tourner, de la gauche à la droite de cet observateur, la ligne D_1 pour qu'elle soit recouverte par D_2. L'ordre de numérotation des droites est sans effet sur la quantité $\alpha + \beta i$, tandis que le renversement d'une seule d'entre elles, changeant $\alpha + \beta i$ en $\pi + \alpha + \beta i$, transforme I en — I comme il fallait.

La justification de la règle est facile. Prenons en effet les équations paramétriques d'une demi-droite D_1 issue d'un point $P(\xi, \eta, \zeta, \tau)$ perpendiculairement à un plan $Q(u, v, w, t)$ qui passe en P. Ce sont

$$\Xi = \xi\, ch s - u\, sh s \quad , \qquad Z = \zeta\, ch s + w\, sh s \quad ,$$
$$H = \eta\, ch s + v\, sh s \quad , \qquad T = \tau\, ch s + t\, sh s \quad .$$

Les coordonnées absolues l, m, n, p, q, r de cette demi-droite se déduisent donc du schéma

$$\begin{array}{cccc} \xi & \eta & \zeta & \tau \\ -u & v & w & t \end{array} ,$$

Choisissons D_1 pour axe OZ, et supposons que D_2, perpendiculaire à OX, le rencontre à la distance β de l'origine, tout en faisant avec OZ l'angle α défini ci-dessus.

Les éléments du schéma précédent sont

$$\begin{array}{cccc} ch\,\beta & sh\,\beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha \end{array} ,$$

et les valeurs qui en résultent pour l, m, n, p, q, r, sont

$$0, \; -ch\,\beta \sin\alpha \; , \quad ch\,\beta \cos\alpha \; , \quad 0, \; -sh\,\beta \cos\alpha \; , \quad -sh\,\beta \sin\alpha \; ,$$

d'où

$$\lambda = 0 \; , \quad \mu = -\sin(\alpha + \beta i) \; , \quad \nu = \cos(\alpha + \beta i) \; . \qquad (76)$$

La dernière valeur écrite est justement la formule à démontrer ; un instant d'attention suffit pour reconnaître l'exactitude des règles posées plus haut pour la détermination précise des quantités α et β. Je tire encore une conséquence de ces formules (76).

Si on fait, pour abréger, $u = \alpha + \beta i$, et qu'on déduise les coordonnées absolues de la perpendiculaire commune à deux droites $D_1(\lambda, \ldots)$ et $D_2(\lambda_2, \ldots)$ sous la forme

$$L = \frac{(\mu_1 \nu_2)}{\sin u} , \qquad M = \frac{(\nu_1 \lambda_2)}{\sin u} , \qquad N = \frac{(\lambda_1 \mu_2)}{\sin u} ,$$

cette perpendiculaire est toujours dirigée de D_1 vers D_2; il suffira de vérifier cette règle quand D_1 coïncide avec OZ, et D_2 avec la droite (76).

§ 10. Courbure complexe des surfaces réglées.

Il n'est pas question d'exposer ici dans tous ses détails la Géométrie réglée de Lobatchewski. Ainsi que je l'ai annoncé, je me bornerai à appliquer simplement les formules démontrées plus haut à propos de la courbure des courbes planes en y remplaçant la forme f par sa nouvelle valeur $f = \lambda^2 + \mu^2 + \nu^2$. Afin d'éviter toute confusion, j'appellerai *courbure complexe* d'une surface gauche la quantité complexe qui va jouer le même rôle que l'expression réelle $\frac{\Lambda_2}{\Lambda_1}$ dans les théories précédentes. Par suite d'analogies évidentes avec les propriétés des courbes gauches ordinaires, l'analyse actuelle est très élémentaire et ne nécessite que quelques explications supplémentaires.

Invariant de deux droites voisines. — Si $D(\lambda, \ldots)$ et $D'(\lambda + d\lambda, \ldots)$ sont ces droites, leur invariant sera

$$d\sigma^2 = d\lambda^2 + d\mu^2 + d\nu^2 ,$$

et on extraira la racine carrée avec un signe positif pour la partie imaginaire de $d\sigma$. Alors si $d\alpha$ et $d\beta$ représentent l'angle et la distance des deux droites voisines, mesurés comme dit plus haut, on a

$$d\sigma = d\alpha + i d\beta .$$

En outre le rapport $\frac{d\alpha}{d\beta}$ représente le *paramètre de distribution* et régit la position des plans tangents à la surface menés aux divers points d'une même génératrice; on suppose, bien entendu, λ, μ, ν fonctions d'un seul paramètre réel t.

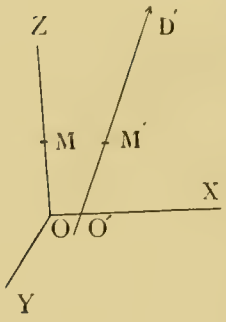


Fig. 16.

Prenons D(t) comme axe des z, le point central comme origine, comme axe OX la plus courte distance de D(t) à la génératrice voisine D$'(t+dt)$ *(fig. 16)*. Par rapport à ce système d'axes les coordonnées complexes de D$'$ sont, d'après les formules (76)

$$\lambda' = 0 \ , \qquad \mu' = -\sin d\sigma = -d\sigma \ ,$$
$$\nu' = \cos d\sigma = 1 \ .$$

Les coordonnées réelles D$'(l, \dots r)$ qui en dérivent sont données par le tableau

$$0 \ , \qquad -d\alpha \ , \qquad 1 \ , \qquad 0 \ , \qquad -d\beta \ , \qquad 0 \ ,$$

d'où résultent, pour la représentation paramétrique de notre droite D$'$, les formules

$$\xi = chs \ , \qquad \eta = chs\, d\beta \ , \qquad \zeta = -shs\, d\alpha \ , \qquad \tau = shs \ , \quad (77)$$

dans lesquelles s joue le rôle de variable indépendante.

Or au point M situé sur la droite D à la distance s de son point central, le plan tangent possède une équation de la forme $v\eta + w\zeta = 0$, et si on exprime que ce plan contient le point M$'$ (77) de la génératrice D$'$, on trouve

$$\eta\, d\alpha\, shs + \zeta d\beta\, chs = 0 \ .$$

Ainsi ω étant l'angle de notre plan tangent avec le plan des xz, angle compté dans le sens direct autour de OD, on a

$$tg\,\omega = \frac{\zeta}{\eta} = -\frac{d\alpha}{d\beta}\, tgh\, s \ ,$$

formule qui assigne bien à la quantité $\frac{d\alpha}{d\beta}$ son rôle comme paramètre de distribution. Elle fait voir que, dans la Géométrie hyperbolique, tous les plans tangents le long de D sont compris entre deux positions limites qui ne sont pas rectangulaires. Il est clair aussi que cette Géométrie nous présente deux catégories de surfaces développables. Pour l'une de ces catégories, $d\alpha = 0$, le plan tangent en tout point de la

génératrice coïncide avec XOZ, pour l'autre $d\beta = 0$, le plan tangent coïncide avec YOZ.

Axe instantané et vitesse instantanée. — Si un corps se meut dans l'espace, toute droite D$(\lambda, \ldots)$, liée à ce corps, éprouve un déplacement particulier, et il existe toujours, comme on a vu au § 2, trois constantes infiniment petites telles que [1]

$$d\lambda = q\nu - r\mu \ , \qquad d\mu = r\lambda - p\nu \ , \qquad d\nu = p\mu - q\lambda \ .$$

L'axe de coordonnées homogènes p, q, r, est l'*axe instantané*, son sens dépend du signe attribué au radical $\sqrt{p^2 + q^2 + r^2}$ lequel prendra le nom de *vitesse instantanée.*

L'interprétation de ces éléments est immédiate. Car la droite aux coordonnées homogènes $d\lambda, d\mu, d\nu$, se trouve être la perpendiculaire élevée par le point central O, à OD d'une part, et de l'autre à la ligne $\overline{OO'}$ normale commune à D$(\lambda, \ldots)$ et D$'(\lambda + d\lambda, \ldots)$. Les déterminants $(q\nu)$, $(r\lambda)$, $(p\mu)$ représentent la plus courte distance F des droites A(p, q, r) et D$(\lambda, \ldots)$.

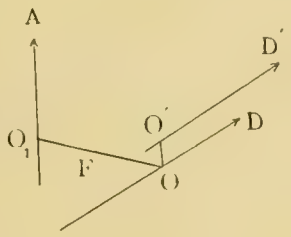


Fig. 17.

Ainsi, tout d'abord, si on tire cette perpendiculaire commune $F = \overline{OO_1}$, le point central de la génératrice D en est le pied O *(fig. 17)*; le déplacement $\overline{OO'}$ du point central s'exécute normalement au plan OO_1 D. En second lieu, si l'on fait

$$\sqrt{p^2 + q^2 + r^2} = d\omega + i dg = d\Omega \ , \qquad (78)$$

l'invariant $d\sigma^2$ de OD avec sa position infiniment voisine O′ D′ est donné par

$$d\sigma^2 = d\lambda^2 + d\mu^2 + d\nu^2 = (q\nu)^2 + (r\lambda)^2 + (p\mu)^2 = d\Omega^2 \sin^2 u \ ,$$

ou bien

$$d\sigma = d\Omega \sin u \ ,$$

formule dans laquelle u est l'invariant complexe des droites A et D et qui achève de déterminer la position de D′ relativement à D.

En appliquant cette même formule (78) au déplacement d'une droite D tirée perpendiculairement à A, ce qui donne $u = 90°$ et $\sin u = 1$, on reconnaît immédiatement la signification des constantes dg et $d\omega$ qui composent $d\Omega$. Elles mesu-

[1] Bien entendu, ces lettres p, q, r n'ont aucun rapport avec les coordonnées réelles d'une droite D(l, m, n, p, q, r).

rent l'une le glissement élémentaire, l'autre l'angle de rotation d'un mouvement hélicoïdal qui s'exécute autour de A.

Courbure complexe de la surface réglée. — Soient $D_1(\lambda_1, \ldots)$ la droite, fonction de t, qui engendre la surface quand varie le paramètre réel t. Posons

$$d\sigma_1^2 = d\lambda_1^2 + d\mu_1^2 + d\nu_1^2 , \quad \text{et} \quad d\sigma_1 = d\alpha + id\beta, \quad \text{avec} \quad d\beta > 0 .$$

Associons à cette première droite D_1 deux autres droites D_2 et D_3 suivant les formules

$$\lambda_2 = \left(\mu_1 \frac{d\nu_1}{d\sigma_1}\right) , \qquad \mu_2 = \left(\nu_1 \frac{d\lambda_1}{d\sigma_1}\right) , \qquad \nu_2 = \left(\lambda_1 \frac{d\mu_1}{d\sigma_1}\right) ,$$

$$\lambda_3 = -\frac{d\lambda_1}{d\sigma_1} , \qquad \mu_3 = -\frac{d\mu_1}{d\sigma_1} , \qquad \nu_3 = -\frac{d\nu_1}{d\sigma_1} .$$

Alors D_2 est la perpendiculaire commune à D_1 et sa position infiniment voisine, D_3 est la normale aux deux autres menée par le point central du côté positif; ainsi D_1, D_2, D_3 constituent un trièdre rectangulaire qui se déplace quand t varie.

Nous avons dès lors les formules de Frenet; ce sont

$$A_1 = |\lambda_1 \mu_2 d\nu_1| = -d\sigma_1 , \qquad \text{ou} \qquad |\lambda_1 \mu_2 \nu_3| = +1 .$$

$$A_2 = |\lambda_1 \mu_2 d\nu_2| = \left|\lambda_1 \frac{d\mu_1}{d\sigma_1} \frac{d}{d\sigma_1} \frac{d\nu_1}{d\sigma_1}\right| d\sigma_1 ,$$

$$\gamma = \frac{d\sigma_2}{d\sigma_1} = -\frac{A_2}{A_1} = -\left|\lambda_1 \frac{d\mu_1}{d\sigma_1} \frac{d}{d\sigma_1}\left(\frac{d\nu_1}{d\sigma_1}\right)\right| .$$

enfin

$$\frac{d\lambda_1}{d\sigma_1} = -\lambda_3 , \qquad \frac{d\lambda_2}{d\sigma_1} = \gamma\lambda_3 , \qquad \frac{d\lambda_3}{d\sigma_1} = \lambda_1 - \gamma\lambda_2 , \qquad (79)$$

et leurs analogues en μ et ν.

En outre, le mouvement instantané du trièdre mobile est défini par les relations

$$\frac{d\lambda}{dt} = (q\nu) , \qquad \frac{d\mu}{dt} = (r\lambda) , \qquad \frac{d\nu}{dt} = (p\mu) ,$$

avec les valeurs suivantes pour la vitesse instantanée

$$p = \lambda_1 A_2 - \lambda_2 A_1 = \left(\mu_3 \frac{d\nu_3}{d\sigma_3}\right) d\sigma_3 ,$$

$$q = \mu_1 \Lambda_2 - \mu_2 \Lambda_1 = \left(\nu_3 \frac{d\lambda_3}{d\sigma_3}\right) d\sigma_3 ,$$

$$r = \nu_1 \Lambda_2 - \nu_2 \Lambda_1 = \left(\lambda_3 \frac{d\nu_3}{d\sigma_3}\right) d\sigma_3 ;$$

de plus

$$p^2 + q^2 + r^2 = d\sigma_3^2 = d\sigma_1^2 + d\sigma_2^2 = d\sigma_1^2 (1 + \gamma^2) .$$

L'axe instantané $\Lambda(p, q, r)$, défini par les formules précédentes se nommera l'*axe de courbure* de la surface engendrée par D_1; il est conjoint à D_3, comme D_2 l'est à D_1 et, à ce titre, il rencontre toujours D_3 sous un angle droit *(fig. 18)*.

La surface conjointe D_2 admettra cette même droite A pour son axe de courbure.

Quant à la quantité $\gamma = -\frac{\Lambda_2}{\Lambda_1}$, qui représente la *courbure complexe* de la surface D_1, elle est égale au rapport $\frac{d\sigma_2}{d\sigma_1}$ des éléments complexes décrits simultanément par les conjointes D_1 et D_2. Pris dans l'ordre inverse, ce rapport nous donnera la courbure de la surface D_2.

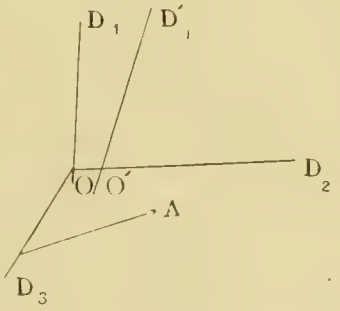


Fig. 18.

Sans nous occuper en détail de la signification géométrique de cette notion de courbure complexe, étude qui sortirait du cadre de ce travail, remarquons que, indépendamment des raisons d'analogie qui lui ont donné naissance, son introduction dans la théorie des surfaces gauches se justifie complètement. En effet, la connaissance en fonction de t, des seules quantités $\frac{d\sigma}{dt}$ et γ permet de définir la surface, abstraction faite de sa situation dans l'espace. Autrement dit, les invariants de position de la surface réglée sont au nombre de trois réels, qui sont le paramètre de distribution $\frac{d\xi}{d\alpha}$, et les deux parties réelle et imaginaire de la courbure complexe.

La chose est évidente; car si les trois quantités sont données en t, $d\sigma_1$ l'est aussi, l'intégration des équations de Frenet fournira donc sans ambiguïté les valeurs λ_1, μ_1, ν_1 qui déterminent la surface. Il n'en est plus ainsi si on se borne à imposer à la surface une seule condition concernant sa courbure complexe : l'élément $\frac{d\beta}{d\alpha}$ restant inconnu, le problème comporte une infinité de solutions.

Pour éclaircir ce point, traitons un exemple particulier et cherchons la surface dont la courbure complexe est constante. Soit, pour abréger $\delta = \sqrt{1+\gamma^2}$, prenons pour système d'axes coordonnés la position initiale $\sigma = 0$ du trièdre $D_1 D_2 D_3$. L'intégration du système de Frenet (79) nous donne immédiatement

$$\lambda_1 = \frac{\gamma^2}{\delta^2} + \frac{1}{\delta^2}\cos\delta\sigma\ , \quad \mu_1 = \frac{\gamma}{\delta^2}(1-\cos\delta\sigma)\ , \quad \nu_1 = -\frac{1}{\delta}\sin\delta\sigma\ , \qquad (80)$$

$$\lambda_2 = \frac{\gamma}{\delta^2}(1-\cos\delta\sigma)\ , \quad \mu_2 = \frac{1+\gamma^2\cos\delta\sigma}{\delta^2}\ , \quad \nu_2 = \frac{\gamma}{\delta}\sin\delta\sigma\ , \qquad (81)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{\delta}\sin\delta\sigma\ , \quad \mu_3 = -\frac{\gamma}{\delta}\sin\delta\sigma\ , \quad \nu_3 = \cos\delta\sigma\ , \qquad (82)$$

et il semble qu'on soit en présence d'équations complètement déterminées pour représenter la surface. Mais en réalité il n'en est rien, car σ étant complexe, peut se décomposer en $\sigma = \alpha + \beta i$, et les formules précédentes qui dépendent implicitement de deux paramètres α et β définissent une bisérie de positions.

Les surfaces cherchées seront toutes celles dont les génératrices appartiennent à la congruence (80), laquelle est complètement déterminée par la condition

$$\gamma\nu_1 + \mu_1 = \gamma\ .$$

Pour le dire en passant, cette congruence, comprenant toutes les droites d'invariant constant par rapport à un certain axe fixe, joue dans la Géométrie réglée un rôle presque identique à celui du cercle en Géométrie plane. La propriété qu'ont les surfaces de la congruence au point de vue de leur courbure complexe est un exemple de cette analogie.

Pour montrer sur un second exemple l'intérêt qui s'attache à cette notion de courbure complexe, considérons une surface développable de la première catégorie $d\beta = 0$; c'est une développable comme celles qu'on étudie dans la Géométrie ordinaire.

Quand la droite D_1 enveloppe l'arête de rebroussement, D_2 est sur la binormale, D_3 sur la normale principale à cette arête. Il est clair qu'en désignant par ds l'élément de l'arête, par $\frac{1}{\rho}$ la courbure, et par $\frac{1}{\tau}$ la torsion de la courbe, les éléments $d\sigma_1$ et $d\sigma_2$ ont les significations

$$d\sigma_1 = \frac{ds}{\rho}\ , \qquad d\sigma_2 = \frac{ds}{\tau} + i\,ds\ .$$

La courbure complexe, étant leur quotient, vaudra

$$\gamma = \frac{d\tau_2}{d\tau_1} = \frac{\rho}{r} + i\rho \; ; \qquad (83)$$

de la sorte le calcul de γ fournira, d'un seul coup, les valeurs de la courbure et de la torsion d'une courbe gauche quelconque. J'ajoute qu'on aura

$$d\tau_3 = \sqrt{d\tau_1^2 + d\tau_2^2} \quad d\cdot\left(\frac{1}{\rho^2} + \frac{1}{r^2}\right) = \frac{2i}{r} \; .$$

formule qui définit immédiatement les déplacements linéaire et angulaire de la normale principale. Les calculs détaillés sont fort simples, quoique un peu trop longs pour trouver place ici.

Roulement de deux surfaces réglées. — Le roulement dont il s'agit ici est complexe ; il est, en fait, toujours accompagné d'un glissement élémentaire le long des génératrices en contact, et se compose d'une infinité de mouvements hélicoïdaux successifs.

Soit une surface réglée $D(t)$; prenons une génératrice $D(t_0)$ comme origine, et mesurons la *distance* de la génératrice variable $D(t)$ à la génératrice initiale $D(t_0)$ par la quantité complexe

$$A + iB = \int_{t_0}^{t} d\tau = \int_{t_0}^{t} (d\alpha + i d\beta) \; .$$

Sur une seconde surface réglée $D'(u)$, prenons de même une génératrice initiale $D'(u_0)$, et déterminons la *distance de* $D'(u)$ à $D'(u_0)$ par une quantité semblable $A' + iB'$. Il y aura correspondance entre les génératrices $D(t)$ et $D'(u)$ quand

$$A + iB = A' + iB' \; , \quad \text{ou} \quad A = A' \quad \text{et} \quad B = B' \; .$$

Si on transporte le trièdre $D_1 D_2 D_3$ qui dépend de t, sur le trièdre correspondant $D'_1 D'_2 D'_3$ qui dépend de u, la surface D solidaire du premier de ces trièdres exécute le mouvement de roulement à étudier. Cette définition est identique à celle du roulement des courbes, mais il faut observer qu'il y a actuellement deux conditions pour la correspondance, à savoir $A = A'$ et $B = B'$. C'est donc seulement dans des cas particuliers qu'une surface réglée peut rouler sur une autre.

En prenant comme variables, au lieu de t et u, les angles α et α', la première condition de correspondance est simplement $\alpha = \alpha'$, et la deuxième se réduit à $\frac{d\beta}{d\alpha} = \frac{d\beta'}{d\alpha}$. C'est la condition de possibilité cherchée, elle signifie que sur les géné-

ratrices correspondantes, les paramètres de distribution doivent être égaux. De la sorte, en supposant cette condition remplie, quand D roule sur D′, les surfaces sont en contact tout le long de la génératrice commune.

Si maintenant on laisse fixes les surfaces D et D′, et qu'on les fasse parcourir par les génératrices D_1 et D'_1, les trièdres principaux $D_1D_2D_3$ et $D'_1D'_2D'_3$ éprouvent les mouvements dus aux vitesses instantanées respectives qui sont,

$$p = \lambda_1 A_2 - \lambda_2 A_1 \ , \quad \text{et} \quad p' = \lambda'_1 A_2 - \lambda'_2 A'_1 \ ,$$
$$q = \mu_1 A_2 - \mu_2 A_1 \ , \qquad q' = \mu'_1 A'_2 - \mu'_2 A'_1 \ ,$$
$$r = \nu_1 A_2 - \nu_2 A_1 \ , \qquad r' = \nu'_1 A'_2 - \nu'_2 A'_1 \ .$$

Les premières changent de signe quand on maintient le trièdre $D_1D_2D_3$ immobile et qu'on fait glisser sous lui la surface D ; ainsi le mouvement de roulement de D sur D′ donne naissance aux vitesses angulaires

$$P = p' - p \ , \quad Q = q' - q \ , \quad R = r' - r \ .$$

De plus, au moment du contact, $\lambda_1 = \lambda'_1$, ... $\lambda_2 = \lambda'_2$, ... $d\lambda_1 = d\lambda'_1$, ... et $A_1 = A'_1$. On aura donc, exactement comme dans le cas des courbes planes

$$P = \lambda_1 (A'_2 - A_2) \ , \ \ldots \quad \text{ou} \quad P = \lambda_1 d\sigma_1 (\gamma' - \gamma) \ , \ \ldots \qquad (84)$$

D'après ce résultat l'axe instantané coïncide avec la génératrice de contact, tandis que la quantité $d\sigma_1(\gamma' - \gamma)$, où γ et γ' sont les courbures complexes de la roulette et de la base, mesure l'intensité $d\Omega$ du mouvement hélicoïdal élémentaire.

Il est à peine nécessaire de remarquer que la solution du problème des *développées* des surfaces gauches résulte immédiatement de ce qui précède et des explications contenues au § 7. Voici le résumé de cette théorie.

Pendant que la génératrice D_1 engendre la surface D maintenue fixe, l'axe de courbure $A(p, q, r)$ décrit dans l'espace la surface *développée* de D. Par rapport au trièdre $D_1D_2D_3$ cette même ligne $A(p, q, r)$ engendre un certain conoïde droit Q dont l'axe est D_3. Il est évident que le dit conoïde roule sur la développée.

Réciproquement, étant donnée la développée, on peut toujours construire un conoïde droit Q tel que la *distance*

$$\int_{t_0}^{t} d\sigma = A + iB \ ,$$

qui sépare deux de ses génératrices soit égale à la distance $A' + iB'$ de deux génératrices de notre développée. Dans ces conditions si on fait rouler Q sur la sur-

face donnée, une droite quelconque perpendiculaire à l'axe du conoïde engendrera une surface *développante*. Il existe une double infinité de ces développantes, leur *distance* mesurée par l'invariant des génératrices correspondantes est constante.

Pour prendre un second exemple de roulement complexe, considérons encore deux lignes gauches quelconques, et faisons en correspondre les points de manière que l'angle total de contingence $\alpha = \int_{s_0}^{s} \frac{ds}{\rho}$ soit le même pour deux arcs correspondants. Si on prend alors pour $D_1(\lambda_1, \ldots)$ et $D_1'(\lambda_1', \ldots)$ les tangentes aux points correspondants, on voit, à cause de l'égalité $A + iB = A' + iB'$, laquelle est évidemment satisfaite, que les surfaces D et D′ peuvent rouler l'une sur l'autre. Pendant ce roulement la courbe mobile liée à D se met en contact avec la courbe fixe aux divers points correspondants, et cela avec coïncidence des plans osculateurs. Le déplacement élémentaire de D est hélicoïdal autour de la tangente commune, et les composantes linéaire et angulaire de ce déplacement sont fournies par les relations

$$d\omega = d\alpha \left(\frac{\rho'}{\tau'} - \frac{\rho}{\tau} \right) , \quad dg = d\alpha (\rho' - \rho) ,$$

dans lesquelles $\frac{1}{\rho}$ et $\frac{1}{\tau}$ sont, avec les signes convenables, les courbures et torsions de nos deux courbes aux points correspondants.

Ces formules ne sont qu'une application immédiate des relations (83) et (84). Le mouvement lui-même est une simple extension au cas de l'espace du roulement de deuxième espèce décrit au § 7 pour les seules courbes planes.

J'ajoute enfin, afin d'achever la revision des formules établies dans la première partie de ce travail, l'énoncé sous lequel se présente maintenant le théorème de Savary.

Si la surface $D(\lambda_1, \ldots)$ roule sur une autre surface D′, une droite $R(\lambda, \mu, \nu)$ fixement liée à la figure mobile engendre une surface gauche. La courbure complexe de cette roulette est fournie par la formule de Savary

$$cot\,(RD_1) + \frac{1}{\gamma' - \gamma} \frac{cos\,(RD_2)}{sin^3(RD_1)} .$$

Les quantités γ et γ' représentent ici les courbures complexes des surfaces roulantes, tandis que RD_1 et RD_2 désignent les invariants $RD_1 = \alpha_1 + \beta_1 i$, $RD_2 = \alpha_2 + \beta_2 i$, de la génératrice R relativement aux arêtes D_1 et D_2 du trièdre principal $D_1 D_2 D_3$.

La règle d'après laquelle la droite $D_1(\lambda_1, \ldots)$ fonctionne comme l'axe instantané du mouvement de roulement nous donnait déjà le paramètre de distribution de la surface roulette R. Ce qui fait ici l'importance de la formule de Savary c'est que, déterminant la courbure complexe de cette même roulette, elle achève d'en donner une définition intrinsèque, indépendante de tout système d'axes.

Nous sommes ainsi parvenus au terme de notre tâche, en fixant successivement la signification, pour la Géométrie hyperbolique réglée, des formules de courbure obtenues d'abord en Géométrie plane. Le lecteur développera sans peine les résultats que nous n'avons fait qu'indiquer ; il est inutile, sans doute, de lui faire observer que la majeure partie d'entre eux restent valables, moyennant des modifications parfois assez profondes il est vrai, dans la Géométrie euclidienne réglée.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

§ 1. — Invariant de deux points infiniment voisins 31

§ 2. — Mouvement infiniment petit d'un plan sur lui-même 34

§ 3. — Couples de Points et Formule fondamentale 40

§ 4. — Couples conjoints. Courbure et centre de courbure 43

§ 5. — Théorie de la Courbure des Courbes planes 48

§ 6. — Résumé des Formules et Cas particuliers 55

§ 7. — Développées et Développantes 61

§ 8. — Le roulement. Formules de Savary 65

§ 9. — Généralités sur la Géométrie réglée de Lobatchewski 74

§ 10. — Courbure complexe des surfaces réglées 81

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de deux collections complètes de ses *Mémoires.* (Tomes 1-36 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. : au Museum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXVII (1884-1910). Prix Fr. 25

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896) Prix . . . . . Fr. 4

Imprimerie Albert Kundig, Genève.

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 37

Fascicule 3. — (Juin 1912)

Rapport du président de la Société pour 1911.
Recherches expérimentales
sur les mécanismes du mélanisme
et de l'albinisme chez les lépidoptères
par A. PICTET
Avec 5 planches

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine.

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 3, VOLUME 37

Page

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour 1911 par M. Emile Chaix 93

Recherches expérimentales sur les mécanismes du mélanisme et de l'albinisme chez les lépidoptères par Arnold Pictet, avec les planches 1 à 5 111

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1911

PAR

M. Emile CHAIX

Monsieur le Président,
Messieurs et chers Collègues,

Vous avez bien voulu m'honorer de la présidence de la Société de Physique et d'Histoire naturelle pendant l'année 1911; je vous remercie encore de cet honneur, et, comme dernière manifestation de mes fonctions, je vais retracer brièvement la vie et l'activité scientifique de notre Société.

Nous avons perdu cinq des savants que nous nous étions associés comme membres honoraires: Félix Plateau, mort le 8 mars à l'âge de 70 ans; W.-V. Spring, mort le 17 juillet à 63 ans; A. Michel-Lévy, mort le 25 septembre à 67 ans; W. Louguinine, décédé le 26 octobre à l'âge de 77 ans; enfin Sir Jos. Hooker, mort le 10 décembre, âgé de 94 ans. Tous travaillaient encore activement pour la

science, en sorte que leur mort est non seulement un chagrin pour leurs familles, auxquelles nous exprimons notre profonde sympathie, mais une très grande perte pour la science.

Je vous rappellerai dans un moment leur vie et leurs travaux scientifiques.

Voici en quelques mots les faits qui jalonnent l'existence de notre Société :

Dans l'Assemblée générale du 19 janvier, vous avez nommé M. le Dr Maurice Gautier aux fonctions de vice-président, M. le Dr Fr.-L. Perrot à celles de secrétaire-correspondant pour une nouvelle période de 3 ans, et MM. Augustin de Candolle et Frédéric Reverdin comme nouveaux membres du Comité de rédaction. M. le Dr Battelli et M. Arnold Pictet conservaient leurs fonctions de secrétaire et de trésorier.

Je ne pourrais assez remercier tous ces Messieurs de leur amabilité et de leur activité — l'une et l'autre étaient d'autant plus nécessaires, que votre président se trouvait surchargé de travail d'une manière tellement exceptionnelle que son activité comme président en a souffert bien des fois.

Nous n'avons nommé cette année qu'un membre honoraire, M. le professeur Giovanni Cappellini, de Bologne, le pionnier de la géologie italienne, — deux membres ordinaires, MM. les Drs A. Schidlof et Georges Baume, — et un associé libre, M. André Chaix. — Nous avons entendu d'intéressantes communications de ces trois collègues, et je leur réitère mes souhaits de bienvenue.

Le Comité de publication s'est réuni quatre fois et je vous rappelle que, sur sa proposition, vous avez voté des modifications aux articles 38 et 41 de notre règlement (parues avec le rapport de 1910) et que vous avez alloué une somme de 200 francs comme subvention à la 2e édition de la Bibliographie de M. Boubier.

Dans nos 16 séances ordinaires, vous avez entendu 41 communications scientifiques, sur lesquelles je reviendrai dans un instant.

Notre Société a pris part à la 44e réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles, qui avait lieu à Soleure du 30 juillet au 2 août. M. Maurice Gautier ayant été empêché d'y venir, votre président a été votre seul représentant officiel; mais un grand nombre de nos collègues ont pris part à la réunion — qui a été très intéressante et très bien organisée.

La Société vaudoise des Sciences naturelles, qui se réunissait à Nyon, et la Murithienne, qui siégeait à Sierre, ont eu l'amabilité de nous inviter. Dans ces deux occasions, c'est M. Frédéric Reverdin qui a bien voulu nous représenter, votre président en étant empêché, à son grand regret, par son travail.

NOTICES BIOGRAPHIQUES [1]

FÉLIX PLATEAU

Il était fils du physicien Joseph Plateau, professeur à Gand; il est né à Gand le 16 juin 1844, c'est à l'Université de Gand qu'il a professé de longues années et c'est là qu'il est mort le 4 mars 1911. Son existence s'est donc déroulée entière dans sa ville natale, mais son travail scientifique a une importance universelle.

Il avait des qualités rares de persévérance et de méthode et fut l'un des premiers qui appliquât à l'étude des animaux inférieurs les méthodes de la physiologie, et comme il poursuivit pendant un très grand nombre d'années des observations ayant un but bien défini et constant, il laisse une œuvre d'une remarquable unité et d'une grande valeur pour la science; il a fait beaucoup progresser le champ d'études qu'il avait choisi.

Une liste même incomplète de ses publications donnera une idée de l'importance de son labeur. La plupart de ses recherches ont été publiées par l'Académie de Belgique soit dans son *Bulletin*, soit dans ses *Mémoires* :

Sur la force musculaire des insectes, *Bull.*, 2e série, 1865, XX, et 1866, XXII. — La vision chez les poissons et les amphibies, *Mém.* in-4°, XXXIII, 1866. — Observations sur l'Argyronète aquatique, *Bull.*, 2e sér., XXIII, 1867. — Études sur la parthénogénèse, thèse pour le doctorat spécial en science zoologique, in-8°, 1868. — Recherches sur les Crustacés d'eau douce de Belgique, *Mém.*, XXXIV et XXXV, 1868 et 1870. — Recherches physico-chimiques sur les Articulés aquatiques,

[1] Je tiens à dire que je dois la plupart des documents relatifs à ces notices à MM. Emile Yung et Frédéric Graves (Liège) en ce qui concerne M. Plateau; Fréd. Reverdin et M. Ph. Guye en ce qui concerne M. Spring; A. Brun pour Michel-Lévy; Ph. Guye et Ch. Guillaume pour Louguinine; Casimir de Candolle pour Hooker.

Mém., XXXVI, 1870. — Matériaux pour la faune belge. Crustacés isopodes terrestres, *Bull.*, XXIX, 1870. — Idem. Myriapodes, *Bull.*, XXXIII, 1872. — Un parasite des Chéiroptères de Belgique, *Bull.*, XXXVI, 1873. — Un procédé pour rendre leur couleur aux muscles conservés dans l'alcool, *Bull.*, XXXVIII, 1874. — Recherches sur les phénomènes de digestion chez les Insectes, *Mém.*, XLI, 1874. — Note sur les phénomènes de la digestion chez la Blatte américaine, *Bull.*, XLI, 1876. — Note sur les phénomènes de la digestion et la structure de l'appareil digestif chez les Phalangides, *Bull.*, XLII, 1876. — Idem. chez les Myriapodes de Belgique, *Mém.*, XLII, 1876. — Idem. chez les Aranéides dipneumones, *Bull.*, XLIV, 1878. — Recherches expérimentales sur les mouvements respiratoires des Insectes, *Bull.*, 3e série, III, 1882. — Recherches sur la force absolue des muscles des invertébrés. Mollusques lamellibranches, *Bull.*, 3e série, VI, 1883. — Idem. Crustacés décapodes, *Bull.*, VII, 1884. — Recherches sur les mouvements respiratoires des Insectes, *Mém.*, in-4°, XLV, 1884. — Recherches expérimentales sur la vision chez les Insectes, *Bull.*, X, 1885. — Idem. chez les Arthropodes, *Bull.*, XIV, 1887 et XV et XVI, 1888. — La ressemblance protectrice dans le règne animal, *Bull.*, XXIII, 1892. — Un filet empêche-t-il le passage des insectes ailés? *Bull.*, XXX, 1895. — Comment les fleurs attirent-elles les insectes? *Bull.*, 3e série, XXX, 1895; XXXII et XXXIII, 1896; XXXIV, 1897. — Les pavots décolorés et les Insectes visiteurs, *Bull. Classe des Sc.*, 1902. — Note sur l'emploi d'une glace étamée dans l'étude des rapports entre les insectes et les fleurs, *ibid.*, 1905. — Idem. sur l'emploi de récipients en verre, *ibid.*, 1906. — Les fleurs artificielles attirent-elles les insectes? *Mém. Acad. Belgique*, in-8°, 2e série, I, 1906.

Cette énumération chronologique montre l'évolution graduelle des recherches de Plateau, passant de l'animal lui-même à ses relations extérieures.

A côté des travaux publiés par l'Académie de Belgique, Félix Plateau laisse un nombre énorme d'articles de toutes dimensions dispersés dans des périodiques nationaux ou étrangers, et beaucoup de ces articles sont originaux, ainsi : Les Palpes des Arthropodes, dans *Mém. de la Soc. zool. de France;* le Macroglosse, l'adhérence des mâles de Ditiscides, la fonction des antennes de Periplaneta, dans *Ann. Soc. entom. de Belgique;* le vol des Coléoptères, le Centre de gravité des Insectes, dans *Bibl. univ. de Genève*, etc., etc. — Il a donné les articles Abeille, Arachnides et Crustacés au *Dictionnaire de Physiologie* de Richet et sa *Zoologie élémentaire* a eu deux éditions.

Félix Plateau fut reçu dès 1874 à l'Académie Royale de Belgique, Classe des Sciences.

Notre Société l'a nommé membre honoraire dès 1869.

Nous présentons à sa veuve l'hommage de notre respectueuse sympathie.

WALTHÈRE SPRING

(1848-1911)

Walthère-Victor Spring est né à Liège, le 6 mars 1848. Il fit ses premières études à l'école de la fabrique d'armes, puis, de 1867 à 1872 au Polytechnicum de Liège, d'où il sortit avec le diplôme d'ingénieur des mines. Mais, comme la chimie physique l'attirait, il alla passer deux années à l'Université de Bonn, pour travailler avec Clausius et Kekulé.

L'Université de Liège le nomma professeur extraordinaire de physique mathématique en 1875 et de chimie générale en 1876. Il devint professeur ordinaire en 1880, et fut enfin chargé de la chimie spéciale depuis 1884.

Il a continué son activité jusqu'à sa mort, qui a eu lieu le 17 juillet 1911.

Dans son enseignement W. Spring fut toujours extrêmement clair, et son adresse comme expérimentateur était extraordinaire.

Dans son travail personnel il a montré une « imagination scientifique » remarquable, beaucoup d'originalité, et une très grande habileté à indiquer les applications pratiques des découvertes.

Il a publié un nombre énorme de travaux, sur des branches très diverses de sa science, mais on peut cependant indiquer trois directions principales de ses recherches : d'abord la chimie pure, anorganique; ensuite la chimie physique, où il fut un pionnier remarquable et à laquelle il a consacré la plus grande partie de son travail; enfin des questions plutôt physiques.

Dans le premier genre d'études, on peut signaler, de 1874 à 1876 ses recherches sur la chimie du soufre et les acides thioniques; de 1881 à 1883 ses travaux sur l'éther hyposulfureux, sur les dérivés sulfonés, sur un hydrate du soufre, sur l'allotropie du soufre.

En chimie physique son activité fut considérable, notamment sur les relations entre l'état solide d'un corps et ses autres états, sur la soudure des métaux, leur solution solide, la pénétration réciproque des solides, leur plasticité. Il a travaillé à ces questions depuis 1878 jusqu'à ces dernières années.

Il a surtout étudié l'action de la pression sur les solides, expérimentant, en général, à 6 ou 8000 atmosphères, mais parfois jusqu'à 20,000. C'est ainsi qu'il a transformé les corps pulvérulents en solides (carbonate de chaux pulvérisé, sciure de bois, etc.); qu'il a fait une série de synthèses par simple pression (sulfures, arsé-

niures, alliages), et, dans ces réactions il a prouvé que ce n'est pas la chaleur développée par la pression qui agit, car il montre, entre autres preuves, que de la poudre à canon ne s'enflamme pas sous une pression de 7 à 10,000 atmosphères. Il partait du principe que mouvements moléculaires et aptitudes à réagir existent aussi bien dans les solides que dans les liquides et les gaz, et qu'il suffit de favoriser les rapprochements moléculaires par l'intervention de la pression. Il a créé par pression des formes allotropiques de divers corps; il a prouvé la pseudo-fusion de ceux qui subissent une diminution de densité sous l'action de la pression; il a montré que certains hydrates et les sulfates acides perdent leur eau de cristallisation et leur acide en excès; il a étudié la formation des roches feuilletées et celle des calcaires métamorphiques. Enfin il a montré la diffusion réciproque de métaux solides (notamment plomb et étain) mis en simple contact et sous une pression pas très considérable, et a posé ainsi les bases expérimentales de la théorie des solutions solides.

Dans le groupe de ses dernières recherches, de nature plutôt physique, mentionnons ses observations sur la liquéfaction des solides quand la pression dépasse leur limite de plasticité, sur la couleur de l'eau chimiquement pure, sujet qu'il avait très brillamment exposé en 1902 à la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles à Genève, sur les alcools (1896), sur l'eau oxygénée, sur la chaleur spécifique et le coefficient d'expansion des alliages, sur la transparence des liquides et des solides, sur les milieux optiquement vides (1899), etc.; enfin ses travaux très importants sur les milieux troubles (1900), notamment sur leur floculation et sur la nature des solutions colloïdales, qui l'ont amené au calcul de la limite supérieure des dimensions de la molécule, toutes études qui ont abouti à l'invention de l'ultramicroscopie.

La mort d'un travailleur de cette puissance est un deuil pour la science universelle.

Spring entra en 1884 à l'Académie de Belgique et en fut président depuis 1899. L'Université de Bruxelles et celle de Genève lui conférèrent le titre de *Doctor honoris causa*. Enfin il fut élu membre honoraire de notre Société en 1903.

AUGUSTE MICHEL-LÉVY

(1844-1911)

A. Michel-Lévy était né à Paris, en 1844; il y est mort le 25 septembre dernier. Il termina ses études à l'Ecole polytechnique, dont il fut un des élèves les plus

remarquables; il en sortit premier, et entra au Corps des Mines, où il fit toute sa carrière; il était Inspecteur général de 1re classe quand il mourut.

Il fut d'abord assistant de F. Fouqué au Collège de France; à partir de 1880, directeur du laboratoire, puis professeur. Il a été jusqu'à sa mort directeur des Services de la Carte géologique de la France. Il était président de la Société géologique de France et de la Société de Minéralogie. Un très grand nombre de sociétés scientifiques étrangères l'avaient nommé membre honoraire; la nôtre se l'était attaché en 1892.

En 1896 il fut nommé membre de l'Académie des Sciences, en remplacement de Daubrée, et à sa mort l'Académie des Sciences leva la séance en signe de deuil, le 2 octobre dernier.

L'activité scientifique de Michel-Lévy a été considérable. Il laisse un nombre remarquable de travaux importants, en géologie, minéralogie et pétrographie.

En géologie il a étudié à fond plusieurs régions d'interprétation difficile : *le Morvan, la Chaîne des Puys, le Beaujolais, le Charollais,* etc.; il a publié dix des feuilles de la *Carte géologique de la France au* $^1/_{80\,000}$ avec leurs *Mémoires* explicatifs; il a dirigé l'établissement de la très belle *Carte géologique de la France au millionnième;* il a collaboré au levé et à l'étude de la *Carte géologique du Bassin d'Autun au* $^1/_{50\,000}$, etc.

Quelques-uns de ses travaux, parus dans le *Bulletin des Services de la Carte géologique,* concernent des régions voisines de Genève, notamment ses mémoires sur les *Chaînes au S. des Aiguilles Rouges,* les *Pointements cristallins des Gets,* etc.

En minéralogie et pétrographie il a fait, seul ou en collaboration avec Fouqué ou Lacroix, des travaux de la plus grande importance. Il a particulièrement contribué à l'introduction et au perfectionnement de la méthode optique de détermination des roches par l'analyse au microscope en lumière polarisée. Dans cette branche ses ouvrages capitaux sont :

Minéralogie micrographique. Roches éruptives françaises, in-4° avec Atlas, publié en 1879 en collaboration avec F. Fouqué et suivi d'un grand nombre de monographies complémentaires, notamment : *Les minéraux des roches* publié dans le *Bulletin des Services de la Carte géologique* en collaboration avec A. Lacroix, *le Porphyre bleu de l'Estérel* (ibid.), etc.

Un ouvrage capital au point de vue de la classification a été son livre sur *les Roches éruptives, leurs structures et leur classification,* grand in-8°, Paris.

Ses différentes études sur les *Feldspaths* sont classiques, notamment celles sur les feldspaths tricliniques, les micas, les pâtes vitreuses des roches et leurs temps de formation, les inclusions cristallines, etc.

Enfin il a exécuté, généralement avec Fouqué, une série remarquable de *syn-*

thèses, soit par fusion ignée, soit par l'action de l'eau au rouge et sous haute pression — oligoclase, labrador, anorthite, amphigène, néphéline, andésite, labradorite, porphyres, basaltes, etc.

Il est mort en pleine activité, aussi la science a-t-elle fait en lui une perte irréparable, d'autant plus qu'il était accueillant et bienveillant pour la jeunesse scientifique.

WLADIMIR LOUGUININE

(1834-1911)

Les circonstances empêchèrent Louguinine de se vouer tout de suite aux études scientifiques : l'agitation politique qui suivit 1848 amena la fermeture presque complète de l'Université de Moscou, et comme le père de W. Louguinine était colonel d'Etat-Major, le jeune homme quitta Moscou, où il était né, et entra à l'Ecole d'artillerie de Saint-Pétersbourg.

Il en sortit sous-lieutenant, pour prendre part aux opérations autour de Silistria et dans la Dobroudja en 1854, puis, quand les alliés attaquèrent Sébastopol, Louguinine y fut envoyé, comme officier d'ordonnance du général commandant l'artillerie; il prit part aux luttes de la Tchornaia-Retchka et à la défense du bastion Malakoff, ce qui lui valut la croix militaire de Sainte-Anne.

C'est vers cette époque qu'il fit ses premiers voyages en Europe occidentale, voyages qui le captivèrent infiniment.

Il reprit ses études militaires à l'Académie d'artillerie de Saint-Pétersbourg, à laquelle il resta encore attaché deux années comme adjoint du secrétaire des sciences. Puis il renonça à la carrière militaire et partit pour l'Allemagne.

Il entra à l'Ecole technique de Karlsruhe, puis à l'Université de Heidelberg, où il resta, sous la direction de Bunsen et de Kirchhoff jusqu'en 1864. Il passa alors à Paris, pour entrer dans le laboratoire de Wurtz; mais se trouvant insuffisamment préparé, il suivit pendant un an les cours de l'Ecole polytechnique de Zurich, puis retourna auprès de Wurtz et de Regnault.

Des circonstances de famille le forcèrent à abandonner ces études et à rentrer en Russie ; mais il fit un nouveau voyage en Occident, pendant lequel il épousa une Française, à Paris, en 1869.

Il resta douze années en Russie, puis revint à Paris en 1881 et y fit un séjour de dix ans, pendant lequel il reprit avec une ardeur magnifique ses travaux de chimie physique.

En 1891 il fut appelé à Moscou, d'abord comme professeur agrégé, puis comme

professeur ordinaire. Il organisa extrêmement bien un laboratoire à ses frais et réunit une bibliothèque chimique de 10,000 volumes; mais comme l'Université était souvent fermée et que les étudiants faisaient plus de politique que de travail minutieux, cela le découragea. Il quitta Moscou, en faisant don à l'Université de son laboratoire et de sa bibliothèque, et il rentra à Paris, où il reprit ses recherches scientifiques.

Dans les dernières années de sa vie, il passait l'été dans une villa qu'il s'était créée près de Bex, en Suisse, et il y organisait des observations sur le développement de certains végétaux.

Il est mort à Paris le 26 octobre 1911, après avoir travaillé presque jusqu'au dernier moment.

Wladimir Louguinine s'est spécialisé dans une branche des études chimiques où il a rendu des services inappréciables : la calorimétrie, surtout la mesure des combustions organiques. Il a étudié d'abord les méthodes, avec une précision extraordinaire; il a recherché les moindres causes d'erreurs dans leurs opérations si délicates; et une fois qu'il eut perfectionné l'instrument, au point de pouvoir préciser les observations les plus minutieuses de thermo-chimie, il appliqua ces méthodes avec une habileté rare à la détermination des quantités de chaleur fixées ou transformées par les plantes, dans leurs différentes parties.

Il fallait une ténacité à toute épreuve, une habileté extraordinaire et des moyens peu habituels pour mener à bien ce genre d'études, aussi a-t-il mérité la reconnaissance des adeptes de la chimie physique.

Dans la dernière période de son activité, il eut comme collaborateur M. G. Dupont.

Son ouvrage capital, *Les Méthodes de Calorimétrie*, a été rédigé avec la collaboration de M. Chukarev.

A côté des services rendus à la science, il en a rendu à sa patrie en créant des œuvres pratiques de philanthropie sur ses terres au moment de l'émancipation des serfs : banque coopérative des paysans, écoles, hôpital, société de secours mutuels.

Il est membre honoraire de notre Société depuis 1899.

SIR JOSEPH-D. HOOKER

(1817-1911)

Joseph-Dalton Hooker est né le 30 juin 1817 à Halesworth (Suffolk). Il était le fils de Sir W.-J. Hooker, qui fut pendant vingt ans professeur de botanique à Glasgow, puis, depuis 1841, directeur des Jardins de Kew.

Il fit des études à Glasgow et obtint le titre de Dr-Méd. en 1839. Mais, au lieu de pratiquer la médecine dans sa patrie, il commença immédiatement ses voyages scientifiques.

Il s'embarquait à la fin de 1839 sur l'*Erebus* en qualité de médecin-assistant, chargé des observations de botanique, et prit part de cette manière à la célèbre expédition antarctique de Sir James Clark Ross; pendant trois ans il parcourut l'océan polaire antarctique et fit des séjours en Nouvelle-Zélande, en Australie, à Kerguelen, à la Terre de Feu, aux îles Falkland, etc., d'où il rapporta des collections remarquables.

A son retour, il fut quelque temps à l'Université d'Edimbourg comme assistant de Graham, professeur de botanique. A la mort de celui-ci, en 1845, Hooker fut nommé botaniste du Geological Survey de Grande-Bretagne. Mais il eut bientôt l'occasion de partir pour un nouveau voyage : il fit aux Indes une expédition scientifique de trois années, d'abord seul, puis avec le Dr Campbell; une grande partie du voyage se fit dans l'Himalaya et notamment au Sikkim.

En 1855 il était nommé sous-directeur des Jardins de Kew; en 1860 nouveau départ, pour la Palestine; puis, en 1865 il fut appelé à remplacer son père dans la direction des Jardins de Kew.

C'est en 1858 qu'eut lieu, sur les instances de Hooker, la première communication de Ch. Darwin sur sa théorie à la Linnæan Society. Hooker avait toujours appuyé et aidé Darwin et il l'engageait depuis longtemps à publier ses résultats; mais celui-ci attendait d'avoir accumulé encore plus de preuves à l'appui de ses idées. Comme A.-R. Wallace venait d'arriver indépendamment aux mêmes principes, Hooker obtint d'eux une communication commune, après une lutte de générosité admirable entre ces deux savants[1].

En 1871 Hooker, J. Ball et G. Maw firent un voyage important au Maroc, jusque dans le Grand-Atlas, en terres inconnues. Enfin, en 1877, il exécuta, avec le professeur Asa Gray, un grand voyage botanique en Amérique, notamment dans les Montagnes Rocheuses.

Il abandonna en 1885 la direction des Jardins de Kew, où il fut remplacé par son gendre Sir W. Thiselton-Dyer, mais il continua son activité scientifique jusqu'à sa fin : il travaillait encore l'année dernière, à 94 ans.

Partout Hooker déployait une activité remarquable : il fut collectionneur infatigable dans son expédition antarctique et dans les autres, il fit d'excellents tra-

[1] A ce propos il est juste de relever une petite inexactitude qui s'est glissée dans l'excellent article consacré à Hooker dans le *Times* du 12 décembre 1911 : Loin d'expliquer la disjonction de certaines espèces par des créations multiples, Alphonse de Candolle l'attribuait, déjà en 1855, à des causes naturelles, géologiques ou autres, ainsi qu'on peut le voir à la page 1117 de sa belle *Géographie botanique*.

vaux sur les fossiles végétaux britanniques, il dirigea extrêmement bien les Jardins de Kew. Mais ce qui était admirable chez lui, comme chez de Humboldt ou chez H.-B. de Saussure, c'est qu'il voyait tout et s'intéressait à tout, parce qu'il savait tout — à côté des plantes et des animaux, il faisait des observations importantes sur la topographie, la géologie, les phénomènes glaciaires, la météorologie, et son extraordinaire expérience des expéditions scientifiques était précieuse.

Voici les titres d'une partie de ses travaux :

Flora antarctica, 2 vol. in-4°, 1844. — *Flora Novæ Zelandiæ*, 2 vol in-4°, 1853. — *Himalayan Journals*, 1854, réimprimés en 1 vol. in-8° en 1891. — *The Rhododendrons of the Sikkim Himalayas*, 1 vol. fol. — *Flora indica*, en collaboration avec le Dr Th. Thomson, 1 vol. in-8°, 1855. — *Flora Tasmaniæ*, 2 vol. in-4°, 1860. — *Outlines of the Distribution of arctic Plants*, br. in-4°, 1860. — *Handbook of the New Zealand Flora*, 1 vol. in-8°, 1867. — *The Student's Flora of the British Isles*, 1 vol. in-8°, 1870. — *Marocco and the Great Atlas*, en collaboration avec J. Ball.

Parmi ses œuvres de très longue haleine, nous pouvons signaler : la série du *Botanical Magazine*, dont il publia treize volumes. — *Genera Plantarum*, en collaboration avec Bentham, 3 vol. in-8°, 1862-1883. — *Flora of British India*, 7 vol. in-8°, 1875-1897, en collaboration avec divers botanistes anglais, mais dont il a fourni lui-même les monographies les plus considérables. — *Icones Plantarum*, 3e et 4e séries, 20 volumes in-8°, en collaboration avec divers botanistes anglais. Le dernier fascicule, qui vient de paraître, a été entièrement fait par Hooker, à 94 ans révolus !

Il est l'auteur de 80 à 90 mémoires et monographies, entre autres : sur les *Nepenthes*, 1854; sur le *Welwitchia mirabilis*, 1862; sur la *Flore de l'île Kerguelen*, 1879, etc., etc.

Peu d'hommes ont laissé un pareil œuvre scientifique.

Sir J. Hooker a reçu un nombre considérable de distinctions honorifiques : la médaille royale de la Royal Society (1854), l'Ordre du Bain (1869), la Croix de chevalier de l'Etoile des Indes (1877), la médaille de fondateur de la Société de Géographie de Londres (1884), la médaille Copley (1887), la médaille de la Linnæan Society (1888), la médaille Darwin de la Royal Society (1892), le titre de Grand Commandeur de l'Etoile des Indes (1897), l'Ordre du Mérite, en 1907, lorsqu'on fêta ses 90 ans.

Les universités d'Oxford, Cambridge, Dublin, Edimbourg et Glasgow lui conférèrent la dignité de *Doctor honoris causa*, et l'Académie des Sciences de Paris celui d'Associé étranger.

En 1908 il fut le héros de la cérémonie organisée par la Linnæan Society pour fêter le cinquantenaire de la première communication de Darwin sur sa théorie.

C'est en 1894 que notre Société nomma Sir J. Hooker membre honoraire.

Nous payons un dernier tribut d'admiration à sa mémoire et présentons l'hommage de notre sympathie à sa famille.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

(Résumé sommaire des 41 communications qui lui ont été faites).

Physique.

M. le Dr Th. Tommasina a fait deux communications au sujet de recherches exécutées en collaboration avec M. Edouard Sarasin sur la radioactivité induite. Les courbes de désactivation qu'ils ont obtenues montrent qu'en vase clos la condensation de l'ionisation dérange le phénomène, tandis qu'il est normal à l'air libre, d'abord rapide, puis très ralenti. Ayant obtenu une radioactivité induite à désactivation très lente par une activation de longue durée, ils ont constaté qu'un échauffement augmente l'ionisation, donc l'effet de décharge, sans augmenter la radioactivité, qui reste toujours constante. — Transvasé, le produit de désactivation rapide montre encore une activité de décharge, celui de désactivation lente n'en montre plus (ce dernier ne doit donc contenir ni émanation, ni dépôt solide mobile). Quant à l'effet de l'échauffement, il doit provenir d'une accélération de vitesse des ions (donnant lieu à une surproduction d'ions par les chocs).

En son nom personnel, M. Tommasina nous a entretenus du magnéton de Weiss : il reconnaît l'importance des travaux de P. Weiss sur l'aimantation aux basses températures, il approuve ses conclusions théoriques, mais fait des réserves quant au magnéton comme constituant universel de la matière.

Le même orateur a parlé deux fois d'aéroplanes; d'abord il a proposé une modification de construction qui donnerait plus de sûreté aux aéroplanes; ce résultat serait obtenu par la possibilité de relever légèrement l'axe de l'hélice de propulsion, ce qui éviterait le capotage. — Ensuite il a exposé le principe d'un appareil d'aviation où l'hélice actuelle serait remplacée par un propulseur spécial qui agirait, à chaque tour, moitié pour la propulsion, moitié pour la sustentation (dis-

posé de manière à agir continuellement comme parachute) faisant prendre automatiquement à l'appareil le vol plané dès qu'il vient à se produire une panne du moteur.

M. le Dr Th. Tommasina nous a encore lu une note sur la nature de l'électricité et la dynamique de l'électron. La théorie corpusculaire n'explique pas la nature de l'électricité, car l'électron est un phénomène déjà complexe; c'est une inertie électromagnétique pendant son déplacement, parce que l'activité qui la déplace est une fonction de l'énergie électromagnétique du champ extérieur à l'électron même.

M. L. DE LA RIVE fait une communication sur les équations électrodynamiques de Maxwell-Herz, relatives à un courant fermé. En se basant sur la loi de Laplace, il a pu établir une relation analogue pour l'action d'un élément de courant sur un pôle et vice versa. — Dans une autre communication, il a montré par un calcul très simple que la trajectoire de l'électron attiré par la molécule dans un champ magnétique uniforme peut être circulaire, quand l'impulsion initiale est donnée dans un plan normal au champ magnétique.

M. le Dr A. SCHIDLOF nous a exposé en deux conférences plusieurs considérations sur des problèmes récents de la théorie du rayonnement. Pour la répartition de l'énergie dans le spectre du corps noir, il faut modifier la formule de Jeans par l'hypothèse des éléments d'énergie de Planck, d'ailleurs contraire aux lois de la mécanique statique. Quant au calcul de l'entropie, il est basé sur le principe de Boltzmann, modifié selon Einstein. — Pour expliquer l'origine électrodynamique des éléments de l'énergie rayonnante, on peut se baser sur l'atome imaginé par J.-J. Thomson mais légèrement modifié, qui fournit une valeur numérique presque égale à celle de Planck pour le rapport entre l'élément d'énergie et la fréquence des oscillations.

M. le Dr G. BAUME nous a fait part des résultats de ses essais métallographiques. Il a introduit des simplifications dans la technique des essais habituels et dans la mesure des propriétés de la nature métallique. Il explique le fonctionnement du *marteau de dureté* Baume-Watson, et montre des applications précieuses de la micrographie métallurgique à l'étude de l'homogénéité des alliages, de l'effet du laminage, du refroidissement, etc.

En collaboration avec M. BAUME, et par de nouvelles méthodes, M. Fr.-L. PERROT a obtenu, sur la densité de plusieurs gaz liquéfiés et sur la tension de leurs vapeurs à diverses températures, des résultats qui concordent parfaitement entre eux et avec des méthodes antérieures.

M. le professeur L. DUPARC nous a exposé la nouvelle méthode cristallométrique du professeur Théodoroff de St-Pétersbourg.

M. le Dr E. Cardoso a fait une communication sur les densités des phases coexistantes de l'anhydride sulfureux au voisinage du point critique. Comme un résumé trop sommaire de ce travail n'en donnerait pas une idée satisfaisante, je renvoie le lecteur aux comptes rendus de notre Société.

Chimie.

Le Dr E. Briner a discuté la formation de l'eau en partant de ses éléments. En opérant aux températures inférieures à celles de l'explosion mais sous de fortes pressions, on diminue grandement l'influence perturbatrice du récipient, qui doit provenir de la formation d'une couche de vapeur d'eau contre les parois.

En collaboration avec M. Jeanneret, M. le professeur L. Duparc est parvenu à séparer le zirconium d'avec la silice, le fer et l'aluminium, par traitement par l'acide fluorhydrique et par évaporation en présence d'acide sulfurique concentré pour éliminer la silice, puis par des traitements successifs qu'on trouvera exposés dans les comptes rendus de notre Société.

M. le Dr Fréd. Reverdin, avec la collaboration de M. Armand de Luc, a déterminé la constitution d'une nitramine, fusible à 125°, dérivée de la méthyl-para-anisidine, décrite récemment par l'un d'eux, ainsi que de l'éther correspondant de la dinitrohydroquinone, fusible à 102°, connu depuis longtemps.

M. le prof. Amé Pictet nous a exposé la synthèse de la berbérine, qu'il a réalisée en collaboration avec M. Alphonse Gams. Ces Messieurs y sont parvenus en partant de l'homopipéronylamine et du chlorure homovératrique, également synthétiques, en réduisant leur produit de condensation et en le traitant par le méthylol. On obtient ainsi l'hydroberbérine, qui, par une oxydation ménagée, fournit à son tour la berbérine. Cette série de réactions est probablement très analogue à celle qui s'effectue dans la plante; cela semble vérifier l'hypothèse émise par M. Pictet, d'après laquelle les alcaloïdes seraient des déchets que le végétal fixe en les compliquant.

Géologie.

M. le prof. L. Duparc nous a entretenus deux fois des gisements de platine de l'Oural. Dans sa première communication il nous a donné une étude d'ensemble sur la structure, la nature et la genèse des gîtes platinifères; dans la seconde il nous a parlé de quelques gisements anormaux de platine. Les gîtes normaux sont dans les pointements éruptifs de dunite ou de tilaïtes avec salbandes de gabbros. Les quelques gisements anormaux de platine d'alluvion qu'il a trouvés dans le bassin de

rivières qui ne traversent aucun pointement platinifère, proviennent de ce que des sources de ces rivières, qui les traversaient jadis, ont été capturées au profit d'autres bassins fluviaux.

En son nom et au nom de Mlle Xénia de TSYTOWITCH, M. le prof. Ch. SARASIN a exposé les résultats de nouvelles observations faites sur l'éboulement de Chésery (vallée de Mijoux). Ces observations ont confirmé celles dont les résultats ont été publiés en 1910; ils ont montré que la masse éboulée est très amincie vers le haut et qu'elle s'est décomposée en écailles superposées, qui se sont dépassées mutuellement de bas en haut.

M. André CHAIX a résumé l'étude de la géologie des Brasses (Haute-Savoie) qu'il a faite sous la direction de M. Ch. SARASIN. Ce massif est formé de quatre plis N.-S., dont le plus oriental chevauche légèrement sur les autres; tous sont affectés, dans la région d'Onion, par un profond ensellement transversal, qui a été cause de nombreuses anomalies.

Météorologie.

M. le prof. F.-A. FOREL nous a présenté cinq cahiers manuscrits d'observations météorologiques faites à Genève de 1760 à 1789 par Charles de Lubières, au Grand puis au Petit-Saconnex. Ces observations très précieuses ont été offertes à l'Observatoire de Genève par Mme Charles DUFOUR-FALQUIER.

Plus tard, M. le prof. Raoul GAUTIER nous a annoncé que l'Observatoire venait de recevoir une nouvelle série d'observations anciennes, faites par Guillaume-Antoine de Luc de 1768 à 1800 et par son fils Jean-André de Luc de 1821 à 1847.

Enfin il nous a communiqué qu'il avait retrouvé la fenêtre à laquelle G.-A. de Luc avait fait ces observations et qu'il y organise une année d'observations dans les mêmes conditions, afin d'obtenir des chiffres comparables à ceux de l'Observatoire actuel, ce qui allongera beaucoup la période étudiée du climat de Genève.

Le même orateur nous a présenté des graphiques qui résument l'allure de la pression, de la température et de la nébulosité au Grand Saint-Bernard et à Genève.

M. Gautier nous a aussi communiqué son étude sur les retours de froid en juin à Genève et au Saint-Bernard. Pour Genève, le fléchissement des températures dans la deuxième décade de juin n'est sensible que dans la seconde moitié du XIXe siècle; si l'on remonte à 1826 ou jusqu'en 1796, ce retour du froid disparaît.

Enfin le professeur Gautier a signalé les anomalies de température et d'insolation de l'été 1911 : chaleur exceptionnelle du 18 juillet au 13 septembre; record de chaleur pour août (21°,28); 66 jours de suite supérieurs à la normale; en juillet 389 heures d'insolation et seulement 4mm de pluie.

Botanique.

M. le Dr John Briquet, directeur du Conservatoire botanique, a fait une communication sur la structure et les affinités de l'*Herniaria suffruticosa*, Caryophyllée atlantique, appelée aussi *Illecebrum suffruticosum* et qu'on a classée dans les genres *Herniaria* et *Paronychia*. Après étude approfondie de la fleur et du fruit, et examen histologique de l'appareil végétatif, M. Briquet conclut que l'*Illecebrum suffruticosum* doit être considéré comme un *Paronychia*, mais former dans ce genre une section nouvelle *Pseudherniaria*.

M. le professeur R. Chodat nous a exposé les résultats obtenus sous sa direction par Mlle Korpatchewska sur la nature de la sexualité dans quelques espèces hétérothalliques. Aucune variation du milieu ne modifie leur sexualité, mais les deux sexes se comportent différemment vis-à-vis des saccharides.

Il a résumé ensuite les conclusions de M. le Dr A. Sprecher sur la variabilité du sexe dans le chanvre et l'oseille — conclusions également négatives quant à une influence du milieu sur la proportionnalité normale des sexes, mais positives quant à une différence de la concentration des sucs.

Enfin M. Chodat a présenté les résultats d'une série d'expériences faites en collaboration avec M. Monnier sur la migration des sels dans les végétaux. Pour éliminer les erreurs dues à la variabilité individuelle, ces Messieurs ont fait chaque observation sur cent exemplaires des mêmes plantes; cela leur a donné des résultats d'une remarquable homogénéité et d'une valeur exceptionnelle sur la marche de l'assimilation et de la désassimilation des sels, et notamment sur l'influence du fer sur les cultures (à la dose de 1 $^{00}/_{00}$ de FeCl).

Zoologie.

M. le Dr Arnold Pictet a mentionné un nouvel exemple d'hérédité de caractères acquis : des chenilles de *Lasiocampa quercus*, nourries d'aiguilles de sapin au lieu de feuilles, attaquaient l'aiguille par la pointe et non par le bord; c'est en cela que consiste le caractère nouvellement acquis; leurs descendantes, remises sur le chêne, ont attaqué l'extrémité des petites branches, sans pouvoir consommer les feuilles.

M. le Dr J. Carl nous a communiqué un nouveau cas d'hermaphroditisme partiel chez un Diplopode de la Colombie. L'exemplaire, une femelle contenant des œufs, porte sur le 7e segment du côté gauche une patte ambulatoire normale, mais du côté droit une patte copulatrice de la forme caractéristique pour l'espèce.

M. le professeur E. YUNG a exposé les recherches faites dans son laboratoire par M. François LUBECKI sur l'ovispermiducte et la glande albuminipare de l'escargot : la matière de la membrane de l'œuf est fournie par des glandes de la gouttière ovulaire, et le calcaire de la coque par une glande du canal séminal ; après la ponte, la glande albuminipare crée une réserve pour l'hibernation.

M. H.-E. GANS, a lu deux articles qu'il avait rédigés en 1868 et 1869, l'un sur les variations de couleur des Lépidoptères, l'autre sur les Lycænidæ.

Psycho-physiologie.

M. le professeur Ed. CLAPARÈDE a exposé ce qu'on entend par les phénomènes psycho-électriques, qui sont encore peu expliqués. Il semble en tout cas que la réaction vis-à-vis du courant galvanique exige l'intégrité de l'écorce cérébrale.

M. W. RADECKI a traité d'abord la nature physique et physiologique de ces phénomènes : sous l'influence d'excitations psychiques on constate des variations de la conductibilité électrique du corps et des changements dans le potentiel de la peau. Le premier fait paraît être causé par les modifications circulatoires, le second par les phénomènes sécrétoires. Ensuite il a exposé la partie psychologique du sujet : ce sont les états émotifs et affectifs uniquement qui donnent lieu aux phénomènes psychoélectriques. Grâce aux considérables différences individuelles, la méthode est inapplicable pour comparer les sujets. Elle sert comme représentation objective du degré de l'élément émotif, qui, chez le même sujet, est lié aux différents processus psychiques.

Le professeur Ed. CLAPARÈDE nous a parlé d'un cas d'hypnose chez le singe : par des passes ou par la fixation du regard, un singe très vif est mis dans un état de calme complet, et ses membres gardent même les attitudes qu'on leur donne.

Enfin le même orateur nous a communiqué un procédé, fondé sur l'amnésie post-hypnotique, qui permet de contrôler l'authenticité de l'hypnose : à l'état de veille le sujet ne se souvient pas des mots qu'on lui a dits quand il était hypnotisé.

ARNOLD PICTET
Dr ès sciences, Privat-docent à l'Université de Genève

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

LES MÉCANISMES DU MÉLANISME ET DE L'ALBINISME

CHEZ LES LÉPIDOPTÈRES

Pratiquées à l'Institut de Zoologie de l'Université de Genève.
Avec les planches 1 à 5.

Mémoire couronné par la Faculté des Sciences en 1911 (Prix Davy).

GENÈVE
IMPRIMERIE ALBERT KÜNDIG
1912

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 37, FASCICULE 3

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES
SUR
LES MÉCANISMES DU MÉLANISME ET DE L'ALBINISME
CHEZ LES LÉPIDOPTÈRES

PAR

ARNOLD PICTET

Dr es sciences, Privat-docent à l'Université de Genève.

Avec les planches 1 à 5.

PREMIÈRE PARTIE

LE MÉLANISME ET L'ALBINISME DES LÉPIDOPTÈRES D'APRÈS LES RECHERCHES DES AUTEURS

CHAPITRE PREMIER

Coloration des ailes des Papillons.

Nul n'ignore de quelles brillantes couleurs les ailes des Papillons sont souvent ornées; les tons les plus merveilleux, les plus riches, font de ces gracieux animaux de véritables joyaux que le pinceau de l'artiste le plus expérimenté peut seul imiter.

Et nul n'ignore également que la multiplicité et la beauté de ces couleurs sont dues à la présence d'une infinité de petites écailles microscopiques qui sont appliquées contre chacune des deux faces de l'aile et qui contiennent une matière colorante.

Dans certains groupes d'Insectes, la présence d'écailles sur les ailes est absolument caractéristique ; ce sont les Lépidoptères et les Thysanoures. D'autres fois, elles ne se rencontrent que dans certains genres (*Lixus, Ptinus,* pour les Coléoptères, *Culex,* pour les Diptères). Chez les Lépidoptères, les écailles se présentent comme des sacs aplatis, imbriqués sur la surface de la membrane de l'aile, à chacune des deux faces de celle-ci, au moyen d'un petit pédoncule faisant office de canal ; grâce à ce canal, la cavité de l'écaille est en communication avec la cavité de l'aile.

Les écailles des Papillons varient, quant à leur forme, dans une large mesure, suivant les espèces ou les régions de l'aile que l'on considère et, chez certains Hétérocères (Bombyciens par exemple), il n'est pas rare qu'elles appartiennent à un très grand nombre de types divers ; chez les Rhopalocères, leur forme est moins variable. Les écailles sont placées sur l'aile les unes à côté des autres, en rangées régulières, la partie distale de chacune d'elles chevauchant sur l'extrémité proximale de l'écaille voisine ; elles sont donc disposées comme les tuiles sur un toit ou comme les écailles sur la peau des Poissons.

Les écailles des Lépidoptères ne sont autre chose que des poils modifiés, aplatis. On a pu dans un certain nombre de cas observer tous les passages entre les poils ordinaires, cylindriques, et les véritables écailles. C. Semper (1857) a prouvé d'ailleurs que le développement de ces deux espèces d'organes est identique et provient de certaines grandes cellules hypodermiques de forme ovale qui produisent au dehors un prolongement destiné à sécréter le poil ou l'écaille.

Les écailles ne se rencontrent pas seulement sur les ailes, on en trouve encore sur le corps, les pattes et la tête.

Kolbe (1893, 76) classe les écailles d'après leur forme et montre qu'elles appartiennent à diverses catégories suivant qu'elles ressemblent à des plumes, qu'elles sont terminées en pointe fine, qu'elles ont l'aspect d'un cheveu, ou bien qu'elles sont arrondies, courtes ou élargies à leur sommet. Mais on admet maintenant que la classification de Kolbe, juste en une certaine mesure pour les parties des ailes, ne peut servir à distinguer des groupes de Lépidoptères. En effet, les écailles terminées en pointe fine se trouvent fréquemment à la racine de l'aile, tandis que la partie proximale supporte des écailles d'un autre type ; la frange en possède souvent qui sont d'une forme tout autre. Il n'est guère possible d'établir de règle à ce sujet, la variation, dans ce domaine, étant infinie. Les écailles sont chitineuses et présentent le plus souvent une *structure striée,* ou ridée, c'est-à-dire qu'elles sont tapissées sur toute leur longueur d'une infinité de petites stries en relief, semblant comme guillochées, parallèles les unes aux autres, et séparées par des rainures ; elles sont orientées dans le sens de la longueur de l'aile et leur extrémité distale comporte

fréquemment un certain nombre de petites dents plus ou moins bien marquées, plus ou moins acérées. Ce sont elles qui constituent les éléments colorés de l'aile.

Malgré les recherches de KRUKENBERG, COSTE, URECH, HOPKINS, A.-G. MAYER, etc., la nature et le mode de formation des pigments et autres substances colorantes des insectes sont encore très mal connus.

PERRY et C.-B. POULTON (1887)[1] discernent deux origines bien distinctes aux couleurs des écailles des Lépidoptères, les unes pigmentaires, les autres optiques. Celles-ci, dues aux interférences provoquées par la construction intime ou le relief des écailles, ont été particulièrement étudiées par A. SPULER (1895). Leurs couleurs sont dues à des phénomènes de diffraction, comparables à ceux qui donnent naissance aux réseaux en optique. C'est surtout dans le genre *Morpho* que l'on rencontre ces magnifiques couleurs bleues, irisées, aux reflets métalliques; sur leurs écailles, d'après C. HOULBERT (1910, 71), on a pu compter jusqu'à 1400 stries longitudinales par millimètre. C'est, vraisemblablement, grâce à ces nombreuses stries que les écailles peuvent décomposer les radiations lumineuses et réfléchir les diverses couleurs spectrales. Mais la constitution striée de l'écaille n'est pas suffisante, à elle seule, pour reproduire les magnifiques couleurs irisées, telles que le bleu métallique des *Morphidæ*, ou le violet chatoyant des *Limenitis*, et un phénomène physique annexe doit certainement jouer un rôle puissant.

D'après H. MANDOUL, les écailles contiennent souvent du pigment foncé formant un écran propre à mettre en valeur les irisations de la surface. Les ailes des *Morpho cypris*, par exemple, offrent des bandes longitudinales alternantes d'un blanc azuré et d'un beau bleu. Les bandes bleues correspondent aux écailles contenant du pigment noir; les bandes seulement bleutées sont en rapport avec les écailles dépourvues de pigment; dans ce dernier cas, la lumière blanche réfléchie par l'écran blanc sous-jacent, varie en partie les irisations de la cuticule.

D'autre part, CANICHEL et MANDOUL (1901, 19) ont démontré que les colorations bleue et verte, assez répandues chez les Vertébrés, sont dues à un phénomène physique, car les peaux bleues ne renferment que du pigment noir, et les peaux vertes un pigment noir et un pigment jaune. Ces pigments sont formés de grains dont la grandeur est analogue à la longueur d'onde de la couleur.

URECH (1893,174) indique le bleu et le violet, principalement chez les Rhopalocères, comme étant des couleurs optiques, et M. BAER (1898, 5), en fait de couleurs optiques, distingue celles qui proviennent d'une seule sorte d'écailles et celles qui sont fournies par deux sortes de constitution différente; en outre, il admet que

[1] D'après H. BELLIARD (1903, 9), p. 141.

le bleu de certains *Papilio* exotiques (*Papilio ulysses* par exemple), et le violet-rose de *Callosune jalone* proviennent d'une combinaison de la couleur pigmentaire et de la couleur optique.

Quelques auteurs admettent que la couleur bleue et les tons chatoyants violets ne sont pas les seuls qui puissent être produits par le phénomène physique des réseaux, et E. Haase[1] voit un phénomène de ce genre dans la production de la couleur blanche de certains mâles du genre *Pieris*. Nous ferons remarquer à ce propos que F.-G. Hopkins (1889, 68 et 1895, 70) a montré que la couleur blanche des Piérides est due à un pigment de cette couleur.

La couleur verte, qui se présente souvent chez certaines espèces exotiques avec des reflets irisés métalliques, a été également étudiée. Mais, de même que pour la couleur blanche, les recherches des auteurs n'ont pas abouti à la solution du problème. A. Spuler (1897)[2] tient le pigment vert de ces Papillons pour une combinaison chimique réelle, que A.-B. Griffiths (1892, 60) n'a pu extraire au moyen de l'alcool et de l'éther; tandis que M. Baer (1898, 5) estime qu'aucune production pigmentaire n'existe dans les écailles de cette couleur. Chez certains *Papilio*, c'est souvent la membrane de l'aile qui est colorée en vert.

Beaucoup de Lépidoptères, tels que les mâles de *Lycæna*, présentent des couleurs bleues avec des reflets métalliques. Les auteurs ne sont pas d'accord au sujet de l'origine de cette couleur; mais ils admettent qu'en général le phénomène optique joue un grand rôle dans leur production.

Krukenberg (1884, 77), après avoir essayé en vain d'extraire une matière colorante des écailles des Papillons bleus, en conclut que cette couleur est due au phénomène optique. Le phénomène de coloration, dans bien des cas, serait semblable à celui des plumes de certains oiseaux. De même Schatz[3] voit l'origine du bleu des *Morphidæ* et du rouge de *Callosune ione* dans une combinaison des écailles pigmentaires (rouges dans le second cas) et des écailles optiques. Quant à Leydig (1876, 80), il voit dans le fait que les écailles de certains Papillons contiennent une couche d'air, un phénomène suffisant pour produire le reflet métallique de certaines couleurs.

H. Mandoul (1902, 99), qui a étudié les colorations changeantes des téguments de plusieurs animaux (irisation des coquilles, des écailles des Poissons, des plumes des Oiseaux, etc.), montre que l'on a affaire, dans tous ces cas, à une *structure lamelleuse*. La couleur des lames dépend de leur nature, de leur épaisseur, et de l'incidence sous laquelle on les examine. La présence d'un écran pigmentaire

[1] D'après P. Bachmetjew (1907, 4), p. 316
[2] *Ibid.*, p. 325.
[3] D'après H.-J. Kolbe (1889, 76), p. 52.

noir sous-jacent est une condition favorable à la manifestation de ces colorations. C'est aussi au phénomène des lames minces, avec couche de pigment sous-jacent, que W. Biedermann (1904, 13) attribue les couleurs chatoyantes des Insectes et les taches argentées des *Argynnis* à une couche d'air se trouvant entre les deux membranes de l'aile.

Nous voyons par ce qui précède que, en aucun cas, le phénomène optique seul n'est capable de produire certaines couleurs des Lépidoptères; il semble qu'un pigment soit toujours nécessaire.

Les *couleurs pigmentaires* sont dues à la présence d'un pigment dans les écailles. D'après H.-J. Kolbe (1893, 76) les principales couleurs sont le jaune, le vert et le rouge; elles sont à tel point solubles dans l'alcool que les écailles ainsi traitées peuvent perdre presque complètement leur pigmentation et devenir transparentes.

A.-G. Mayer (1896, 103) et M. von Linden (1902, 84 et 1906, 93) ont étudié le processus de formation des écailles et de leurs pigments dans l'aile naissante. Selon Mayer, chacune des écailles dérive d'une cellule qui a fait saillie au-dessus de la surface de l'aile. La cellule sécrète une paroi cuticulaire qui est l'écaille proprement dite; puis le protoplasma se retire, laissant l'écaille vide. Les écailles qui seront blanches chez l'adulte, restent vides ou remplies de gaz, tandis que le sang (hémolymphe) pénètre dans les autres et, recevant ainsi le contact de l'air, prend une coloration cire-jaune. Toutes les écailles qui sont colorées chez l'adulte passent par ce stade jaune. Mayer a montré comment les diverses colorations se rattachent à des modifications d'ordre chimique de l'hémolymphe homogène.

M. von Linden (1902, 84),après d'autres, montre que le pigment jaune initial des cellules épithéliales des ailes des Vanesses passe au rouge carmin tel qu'il s'observe sur l'adulte une fois que les préparations ont été montées dans la gélatine glycérinée. Par conséquent, au moins chez les Vanesses, les couleurs proviendraient des *transformations d'une seule substance colorante,* probablement d'une modification de la chlorophylle introduite par la larve dans son intestin. Les pigments ne seraient donc qu'un produit de l'assimilation et de la désassimilation.

Pour F. Friedmann (1899, 45), il existe un rapport génétique entre le pigment et la graisse.

Plusieurs auteurs ont montré que la plupart des pigments des Lépidoptères dérivent de l'acide urique, et F.-G. Hopkins (1889, 68 et 1894, 69 et 70) que les écailles blanches des Pierides contiennent de cet acide et que c'est lui qui agit comme pigment blanc. Le pigment jaune de ces insectes, d'après les analyses pratiquées, est également dérivé de l'acide urique. F. Urech (1890, 171, 1891, 172 et 1892, 173) ne croit pas qu'il y ait de rapport entre la chlorophylle et la matière

colorante des Papillons; il estime que toute la chlorophylle ou ses dérivés est éliminée par la chenille. Les pigments selon lui sont des déchets de l'organisme en leur qualité de corps uriques.

Quoiqu'il en soit, les phénomènes chimiques qui concourent à la production du pigment sont loin d'être bien connus et un grand nombre de recherches sont encore nécessaires pour arriver à la solution du problème.

Les dessins des Papillons.

Après avoir montré quelle est la nature des couleurs des Papillons, il ne sera pas inutile, pour la compréhension du sujet que nous voulons traiter, de dire quelques mots de la façon dont les écailles s'assemblent, se combinent, se complètent les unes les autres, pour former les dessins, souvent si gracieux, qui ornent les ailes de ces Insectes.

Chaque écaille fonctionne comme un élément de coloration; nous savons qu'elles sont imbriquées sur la surface de l'aile, à chacune des deux faces de celle-ci, à la manière des tuiles sur un toit ou des écailles sur la peau des Poissons.

Chaque Papillon possède une couleur générale de l'aile, que l'on appelle la *couleur du fond;* chez les Piérides c'est le blanc, chez les *Erebia* c'est le brun-noir, chez les *Papilio* européens, le jaune. En outre, l'aile possède des dessins d'une autre couleur, qui sont formés par un certain nombre d'écailles colorées et qui remplacent, aux endroits ou existent ces dessins, les écailles du fond. Ainsi une bande, une tache rouge seront formées par un assemblage d'écailles rouges; une tache brune, incluse dans un croissant noir, sera formée d'écailles brunes, tandis que des écailles noires composeront le croissant. Il n'est pas nécessaire de s'étendre davantage sur la constitution de ces dessins qui, suivant les cas, sont simples ou très compliqués.

Il est assez généralement admis que les dessins sont plus foncés que la couleur générale de l'aile. Mais cela ne veut pas dire qu'ils occupent, sur l'aile, moins de place qu'elle. Il sera, en effet, facile de trouver des espèces où les dessins couvrent une plus grande superficie que la couleur du fond. F. Berge (1901, 11) a donné quelques indications sur la constitution des principaux dessins des ailes des Papillons.

Chaque dessin constitue un caractère spécifique et joue un grand rôle en systématique; c'est l'ensemble du dessin qui servira en grande partie à différencier les espèces, tandis que les variétés et les aberrations seront caratérisées par une modification dans la forme, dans la taille, dans la couleur du même dessin.

CHAPITRE II

De la variation par mélanisme et albinisme, à l'état naturel.

Les Papillons, ainsi qu'on le sait, varient infiniment quant à la nuance de leurs couleurs. Mais ils varient souvent encore dans la forme et l'arrangement des dessins. Si ces modifications, souvent très accentuées, peuvent être le résultat d'expériences pratiquées sur ces insectes aux diverses périodes de leur ontogénie, elles se rencontrent aussi fréquemment à l'état naturel, sans qu'on puisse toujours dire quel est l'agent qui les a produites.

En second lieu, la variation atteint encore la taille et aussi parfois la forme de l'aile ; mais ce dernier cas est plutôt rare.

Les dessins peuvent subir des variations, non seulement dans leur taille, mais aussi dans leur forme. Si nous examinons, par exemple, une série d'individus d'*Arctia caja*, nous remarquons qu'il n'y a pas deux individus absolument semblables sous ce rapport ; les bandes blanches qui sillonnent l'aile supérieure sont, suivant les cas, plus ou moins zigzaguées, plus ou moins larges, plus ou moins confluentes. Un examen de plusieurs *Melitæa parthenie* nous montrera aussi que les taches noires qui ornent les ailes de cette espèce, affectent des formes et des dispositions, par rapport les unes aux autres, qui varient dans une large mesure suivant les individus. Il est excessivement rare, pour ne pas dire impossible, de trouver des espèces dont les individus soient tous identiquement comparables, et partout, chez les Lépidoptères comme chez les autres animaux, on rencontre de nombreux exemples de ces *variations individuelles* dont le plus souvent on ne connaît pas l'origine.

Si les dessins peuvent varier dans leur forme, ils varient aussi dans leur couleur ; ainsi les taches rouges de quelques espèces du genre *Zygæna* deviennent jaunes chez certaines formes aberrantes.

Variation de la couleur générale de l'aile.

La couleur du fond des ailes est un caractère spécifique important. Il est très rare qu'elle se modifie autrement qu'en devenant simplement *plus claire* ou *plus*

foncée qu'elle n'est d'habitude. Les collectionneurs, en effet, ne connaissent que fort peu de cas où des aberrations sont d'une *couleur* différente que celle de l'espèce type. Mentionnons pourtant *Ellopia prosapiaria,* qui est brune, et son aberration *prasinana,* qui est verte; *Callimorpha hera,* dont les ailes inférieures sont rouges, et son aberration *lutescens,* où elles sont jaunes.

Ce qui caractérise le plus souvent la variation de la couleur générale de l'aile, c'est, avons-nous dit, son assombrissement ou son éclaircissement. Citons deux exemples : nous connaissons des *Argynnis pales* brun foncé, d'autres bruns et d'autres presque jaunes. De même, des *Vanessa urticæ* sont beaucoup plus richement colorées que d'autres, dont la teinte se rapproche du jaune.

Il est facile de se rendre compte, au moyen du microscope, de la raison de cette variation ; dans les cas d'assombrissement, les écailles sont plus abondamment pourvues de pigment que normalement; dans le cas contraire, elles en possèdent peu, ou presque pas. Mais, dans l'une et dans l'autre forme de variation, c'est la *même couleur* qui existe; sa *qualité* ne se modifie pas, mais sa *quantité.*

Citons encore le cas des *Pieris rapæ* (blanches) et de certaines aberrations de cette espèce qui sont d'un blanc laiteux. Les ailes de la forme blanche comportent toujours un petit nombre d'écailles jaunes ; dans l'aberration blanc laiteux, les écailles jaunes sont en plus grand nombre et cette couleur est due à la combinaison des écailles blanches et des jaunes. Là encore, il n'y a pas apport d'une *nouvelle couleur* pour former la variation; il n'y a que *surproduction d'une couleur déjà existante.*

Variation des dessins de l'aile.

Dans la variation des dessins, il n'y a pas non plus apport d'une nouvelle couleur.

Les dessins peuvent s'assombrir ou s'éclaircir de la même manière que la couleur générale de l'aile. En outre, ils peuvent s'agrandir ou diminuer. On comprendra l'importance que prend ce fait dans la question qui nous occupe. Un exemple fera surtout ressortir cette importance ; c'est celui de *Psilura monacha* (pl. 1, fig. 19 et 20), dont les ailes supérieures sont blanches, traversées de lignes zigzaguées noires. Chez les individus de l'espèce normale, le blanc domine de beaucoup, tandis que chez les individus de l'ab. *eremita,* les ailes, surtout les supérieures, sont entièrement noires. Entre ces deux extrêmes, il existe des individus présentant toute la gamme des intermédiaires (ab. *nigra*). Or, il est manifeste que l'assombrissement de l'aile est dû à l'envahissement des lignes zigzaguées, c'est-à-dire des dessins noirs : ceux-ci s'agrandissent et finissent par masquer le blanc.

Des cas identiques se trouvent chez *Melanargia galathea* et son ab. *lugens* Oberth. figurée par Reverdin (1905-1909, 144), chez *Arctia caja* et une foule d'autres espèces. Citons encore, dans le même genre, les ab. *aphæa* et *navarina* de *Melitæa athalia*, l'ab. *malpodia* de *Melitæa parthenie*, l'ab. *valesina* d'*Argynnis paphia*, etc.

Il arrive fréquemment que deux bandes seulement, situées l'une à côté de l'autre, s'élargissent de façon à se souder pour former une bande plus large qui coupe l'aile transversalement. Les deux genres *Argynnis* et *Melitæa* présentent de nombreux cas de cette sorte de variation, que l'on retrouve aussi chez bon nombre d'autres espèces.

Les dessins peuvent aussi diminuer de taille ; cette diminution, dans bien des cas, pourra aller jusqu'à la disparition presque complète, parfois complète de ces dessins, donnant aux ailes un aspect différent et un facies très éclairci. L'ab. *corythalia* de *Melitæa parthenie* en est un exemple. On trouvera de nombreux cas analogues.

Lorsque les dessins sont composés de simples taches ou points, la variation se fait de même que nous venons de la signaler : *Abraxas grossulariata* devient noire aux ailes supérieures, par le fait qu'en s'agrandissant, ses taches envahissent la couleur générale de l'aile et la bande transverse fauve ; la même espèce devient presque blanche par suite de la disparition plus ou moins complète de ses taches.

L'aspect de l'aile se trouvera grandement modifié par la simple jonction, par un trait, de taches ou de points : ainsi les aberrations dites *confluentes* des genres *Lycæna* et *Polyommatus*. L.-G. Courvoisier (1903, 25) a étudié ce mode de variation. Par contre, chez les mêmes espèces, les points peuvent manquer pour la plupart ou parfois complètement.

Dans un grand nombre de cas, les ailes des Papillons comportent à la fois des bandes et d'autres sortes de dessins ; ces Papillons se modifient également de la façon que nous venons de voir. J.-W. Spengel (1899, 159) a montré que, d'après ce processus, *Papilio machaon* peut devenir presque complètement jaune ou tout à fait noir. Il en est de même pour *Amphydasis betularia*, dont quelques individus sont presque blancs et pour son aberration *doubledayaria*, qui est noire. Il sera facile à chacun de trouver quantité d'exemples analogues.

L'envahissement d'un dessin par celui qui est situé à côté est fréquent et contribue largement à modifier l'aspect de l'aile. Ainsi Reuss (1909, 141 et 142) a montré que, chez *Vanessa io*, l'extension de la couleur bleue de l'ocelle de l'aile supérieure se fait au détriment du jaune et du noir de cet ocelle ; à l'aile inférieure c'est au détriment du noir. On trouve des individus dont l'ocelle inférieur est entièrement bleu avec peu de noir ; chez d'autres, au contraire, l'ocelle est presque noir

avec trois ou quatre petits atomes bleus. De même, chez *Vanessa urticæ*, les lunules bleues augmentent au détriment du noir qui les entoure ou bien c'est le noir qui les envahit presque complètement.

La forme des dessins donne aussi lieu à des modifications importantes. Mais ces changements de forme proviennent presque toujours *d'un déplacement d'une couleur déjà existante sur l'aile. Vanessa urticæ* et *Vanessa io* nous fourniront quelques exemples à ce sujet. En comparant la première espèce et ses aberrations *ichnusoïdes* et *polaris*, on remarquera la différence qui existe entre leurs bordures marginales. Or, dans les deux aberrations, nous retrouvons, constituant cette bordure, tous les éléments qui forment celle de l'espèce ; seulement, ces éléments sont déplacés et occupent, par rapport les uns aux autres, des positions différentes. Même remarque peut être faite en ce qui concerne l'aberration *belisaria* de *Vanessa io*, où l'ocelle de l'aile supérieure, arrondi chez l'espèce, a pris la forme d'un fer à cheval chez l'aberration ; ce changement de forme provient simplement du fait que la tache noire de la côte s'est déplacée de façon à chevaucher sur l'ocelle.

A.-G. Mayer (1897, 104) a établi des lois du type de coloration des Papillons. Après avoir montré que, parmi les couleurs (rouge, jaune, vert, etc.) des Lépidoptères, le plus grand nombre contient une proportion surprenante de noir, il confirme à son tour plusieurs des points que nous venons de signaler. Celles de ces lois qui concernent la variation sont les suivantes :

1. Des bandes de couleur sont souvent formées par la fusion d'une file de taches adjacentes et, inversement, des files de taches proviennent souvent de la reproduction d'une bande.

2. Quand elles sont en voie de disparition, les bandes commencent d'ordinaire à se réduire à partir d'une extrémité.

3. Dans une série de taches, celles des extrémités sont plus variables que celles du milieu.

4. La disposition des taches situées près d'un bord extérieur des ailes est fortement influencée par le plissement de la région.

Variation par mélanisme et albinisme des parties de l'aile.

Considérons, maintenant, que le brun, le rouge et le jaune, dans leurs diverses nuances, sont les couleurs les plus répandues sur les ailes des Papillons. C. Oberthür (1893, 117) montre que les Lépidoptères dont les ailes sont tachées de rouge peuvent, par albinisme moyen, changer le rouge en jaune et, par albinisme extrême, en blanc. Par mélanisme, ces mêmes parties rouges peuvent devenir brunes et même

noires. « Nous ne connaissons pas d'exception à cette règle, ajoute OBERTHÜR, en ce sens que toutes les espèces colorées de rouge présentent au moins les deux types moyens de la variation albine et mélanienne, c'est-à-dire le jaune et le brun. Les termes extrêmes, le blanc et le noir, sont plus rares, et, dans l'état actuel de la science, le nombre des espèces où l'albinisme et le mélanisme complets ont été constatés, est encore assez restreint.

Dans la variation des Papillons, le brun et le jaune dérivent donc du rouge. Cette observation, qui ramène à une seule couleur trois colorations distinctes, est assez séduisante et ne semble, en aucune façon, extraordinaire. Dans leurs études de l'origine des couleurs, M. VON LINDEN et d'autres auteurs ont montré que, pendant l'ontogénie, les couleurs suivent cette gradation. En outre, ainsi que nous le verrons dans la partie expérimentale de ce travail, les dessins noirs (cette couleur n'est jamais absolue) peuvent provenir d'une surcoloration de dessins correspondants bruns (autrement dit rouges) et les taches blanches peuvent être le résultat de la décoloration de dessins correspondants jaunes (autrement dit rouges).

Dès lors, ces considérations étant admises, le mécanisme de la variation des Papillons devient très simple et nous voyons qu'elle se fait nettement dans deux directions opposées : la dégradation de teinte des dessins qui, poussée à l'extrême, conduit à l'*albinisme* de ces dessins ou bien l'assombrissement de ces mêmes parties qui, poussé à l'extrême, conduit à leur *mélanisme*.

Mais, hâtons-nous de le dire, les termes extrêmes ne sont pas toujours atteints. Il n'en est pas moins vrai que, lorsqu'un Papillon varie, il suit toujours, pour tout ou partie de ses dessins, les deux directions précitées. Nous dirons donc qu'il est, dans les cas de dégradation de la teinte de ses dessins, *albinisant*, pour bien marquer que cette dégradation de teinte n'a pas été suffisante pour que l'insecte soit *frappé d'albinisme complet*. Dans le cas contraire et pour les mêmes raisons, nous dirons que le Papillon est *mélanisant*.

Pour ce qui est des Lépidoptères normalement colorés en *bleu*, ceux-ci deviendront, selon OBERTHÜR, par albinisme *gris* et par mélanisme *brun foncé*.

La variation des Papillons, telle que nous venons de l'indiquer, est générale ; c'est OBERTHÜR, (1893, 117) qui, le premier, l'a démontré. Il ajoute : « La règle est donc établie aussi bien pour les Rhopalocères que pour les Hétérocères et pour les espèces de la région tempérée comme pour celles de la région tropicale. On peut alors conclure à l'existence d'une loi atteignant et modifiant semblablement toutes les espèces de Papillons colorés en rouge. »

Ajoutons que cette loi générale de la *variation des Papillons par mélanisme et albinisme des parties de l'aile*, peut s'appliquer aussi aux Papillons qui ne sont pas colorés en rouge. Le gris des noctuelles, par exemple, suit les mêmes modifications

que le rouge des autres espèces et peut passer au noir comme au blanc. Nous ferons cependant une réserve pour la couleur verte, les Papillons ainsi colorés ne donnant généralement pas lieu à des variations assez accentuées pour que nous ayons pu nous faire une opinion.

Nous verrons, au cours de ce travail, que les idées de C. OBERTHÜR, touchant la variation par mélanisme et albinisme des couleurs, sont conformes à la réalité, du moins en ce qui concerne les espèces étudiées, et celles-ci sont suffisamment nombreuses pour nous laisser supposer que cette loi est générale pour l'ordre des Lépidoptères. Ce travail nous montrera encore quels sont les *mécanismes* qui agissent pour amener la variation des Papillons selon la loi en question. Ils sont de plusieurs sortes, suivant les différents groupes.

La variation des Lépidoptères en rapport avec leur distribution géographique.

La loi de la variation des *Papillons par mélanisme et albinisme des parties de l'aile* étant établie, existe-t-il des contrées ou des régions de notre globe où se rencontrent plus fréquemment les formes mélanisantes, et d'autres, les formes albinisantes?

DE LA HARPE (1846-48, 26), après avoir montré que le climat froid a sur les Papillons le même effet, au point de vue de la coloration, que sur les animaux à sang chaud, cite quelques exemples qui tendent à montrer que les aberrations mélanisantes sont surtout spéciales aux régions montagneuses.

A. VON CARADJA (1894, 20) et H. FEDERLEY (1905, 35) arrivent à des conclusions semblables. Et, de fait, les collectionneurs savent bien que, dans les Alpes, la pigmentation des Lépidoptères s'accentue souvent de façon que le pigment brun est remplacé par du noir, le rouge par du brun et le fauve par du rouge brun. WALSINGHAM explique que le climat froid rend nécessaire aux animaux une absorption plus grande de chaleur; c'est pour cela qu'on y rencontre plus d'animaux foncés, la teinte foncée absorbant davantage les rayons du soleil.

S'il est exact que des formes foncées se rencontrent en plus grand nombre dans les montagnes que dans la plaine, il n'en est pas moins vrai que des aberrations plus claires que le type spécifique volent aussi en grand abondance dans les régions montagneuses et froides. C'est ainsi que H. MEYER-DÜR[1] a remarqué que l'altitude crée aussi bien des formes claires que des formes foncées; c'est surtout par l'observation directe que l'on pourra se rendre compte du bien fondé de ce qui précède.

Mais ce que l'observation directe nous apprendra également, c'est que les

[1] D'après P. BACHMETJEW (1907, 4), p. 247.

mêmes espèces sont souvent représentées aux hautes altitudes par des variétés dont les unes sont plus et les autres moins colorées que l'espèce normale. Ainsi *Melanargia galathea*, dans les mêmes localités montagneuses, montre fréquemment les deux types de coloration albine et mélanienne. Différentes espèces appartenant aux genres *Melitæa*, *Argynnis*, *Satyrus*, *Erebia*, etc., témoignent de la même tendance. Les *Lycæna* se comportent de même et l'on trouve dans les mêmes parages des *Lycæna arion* surchargés de noir (ab. *obscura*) et d'autres chez lesquels le pigment foncé est au contraire réduit. Des *Lycæna corydon* mâles à large bordure noire volent avec des individus de même espèce chez lesquels cette bordure est en partie effacée ; les femelles des *Lycæna corydon* des Alpes sont aussi souvent pâles que richement colorées. Cette remarque est presque générale.

L'observation directe nous apprend encore que la plupart des formes albinisantes et mélanisantes des montagnes se retrouvent dans la plaine, également côte à côte avec la forme typique. Là encore nous ne pouvons pas dire que le climat des plaines exerce une influence dans un sens ou dans un autre, en ce qui concerne la pigmentation.

Thurau [1] a signalé que l'aberration femelle *valesina d'Argynnis paphia* vole, en Allemagne, en même temps que le type et dans les mêmes localités que celui-ci. Cette observation a été également faite en ce qui concerne toutes les localités où se rencontre cette aberration.

Le climat des Alpes doit-t-il être considéré comme froid ? Il est certain que la température y est plus basse à certaines époques de l'année et à certains moments du jour. Mais, dans les vallées latérales, encaissées, orientées par exemple dans le sens du levant au couchant, la température pendant la journée est parfois excessive; les conditions climatiques de ces vallées ne peuvent donc être assimilées à celles des montagnes en général ; sous ce rapport elles tendraient plutôt à se rapprocher des conditions méridionales. Nous avons montré (1903, 122) que ces vallées contiennent souvent des aberrations voisines de celles qui se rencontrent dans le midi de la France ou en Italie.

L'altitude, en elle-même, ne semble donc pas constituer plus spécialement un facteur de mélanisme que d'albinisme ; les deux sortes de variations, en effet, s'y rencontrent aussi fréquemment que dans la plaine. En est-il de même dans les régions du Nord, dans celles du Sud et dans les Tropiques ?

J. Mann [2] a remarqué que les Papillons qu'il récolta dans la Dobrudscha présentaient de notables différences de coloration avec ceux des mêmes espèces

[1] D'après P. Bachmetjew (1907, 4), p. 356.
[2] *Ibid.*, p. 343.

habitant les environs de Vienne. Et A. Hoffmann (1891, 67), avec des chenilles de *Teras hastiana*, montra que la tendance au mélanisme de cette espèce dans les environs de Hanovre s'observe aussi chez d'autres espèces, et l'auteur voit, dans le climat de la mer du Nord, une tendance à l'éclaircissement des couleurs.

A. Weismann (1895, 188), dans ses belles recherches sur le dimorphisme saisonnier, conclut que l'abondance des points bleus à la bordure de certains *Chrysophanus phlæas* n'est pas en corrélation avec le climat et que des aberrations de ce genre se rencontrent aussi bien au nord qu'au sud; leur présence constitue une variation individuelle qui se retrouve partout et à n'importe quelle température.

De même H. Meyer-Dür (1852, 114) trouve au nord de l'Europe des formes claires et d'autres foncées appartenant aux genres *Satyrus* et *Argynnis* et, dans le Sud, les deux nuances s'observent également parmi les individus de ces deux espèces.

Enfin Hensel[1], pour ce qui est de *Psilura monacha* et J. Breit (1900, 16), en ce qui concerne *Melitæa aurinia*, *Amphydasis betularia*, *Boarmia roboraria*, *Boarmia consortaria* et *Boarmia crepuscularia*, ont remarqué que les aberrations mélanisantes apparaissent pendant un cycle d'années; ensuite vient un cycle d'une certaine durée où l'on ne rencontre que des aberrations albinisantes. Breit estime que la production des formes foncées provient des conditions climatiques de l'hivernage qui a précédé l'éclosion des adultes.

De même que pour l'étude des formes alpines et de la plaine, l'observation directe montrera que le climat des régions septentrionales produit aussi bien des formes albinisantes et mélanisantes que le climat des régions méridionales. Cette observation pourra se faire par l'examen de collections étendues. On pourra se rendre compte encore de la chose d'après le bel ouvrage de C. Oberthür (1909-1910, 119).

Cependant, le climat des îles semblerait avoir une influence plus régulière sur la pigmentation foncée. Selon C. Oberthür (1900, 118), les Hétérocères anglais présentent des variétés surtout mélaniennes affectant presque toutes les espèces; on peut les considérer, par leur fréquente répétition, comme des spécialités de la faune insulaire quoique, çà et là, sur le continent, mais très rarement en général, on trouve des variations analogues.

Nous voyons par ce qui précède qu'il n'y a guère de contrées où le mélanisme soit plus particulièrement répandu que l'albinisme, ou vice versa et, si l'on rencontre dans quelques localités spéciales (Angleterre, par exemple) une tendance plus marquée à la production des formes foncées, cela doit être considéré comme une exception.

[1] D'après P. Bachmetjew (1907, 4), p. 356.

CHAPITRE III

De la variation par mélanisme et albinisme des parties d'après les expériences des auteurs.

Ayant constaté que, en Europe surtout, le climat n'est pas ce qui produit l'albinisme et le mélanisme des Papillons, recherchons maintenant si les différents facteurs du climat ont, séparément, une action plus régulière sur la variation de ces Insectes.

A. — Dimorphisme saisonnier.

Parmi les phénomènes météorologiques qui composent le climat, nous devons mentionner tout d'abord l'alternance de l'été et de l'hiver, ou, dans les pays tropicaux, de la saison humide et de la saison sèche. On sait que plusieures espèces ayant deux générations par année se présentent avec des nuances différentes et même avec des dessins différents, suivant la saison où elles se sont développées. La différence entre les individus de chacune de ces saisons est parfois assez accentuée et constitue de frappants exemples de dimorphisme saisonnier.

Le *Papilio ajax* de l'Amérique du Nord se présente sous trois formes différentes : deux formes d'hiver à teinte claire et une forme d'été à teinte foncée. W.-H. Edwards[1], en refroidissant les chrysalides de la forme d'été, a obtenu des Papillons de la forme d'hiver.

Dans les régions tropicales, la différence entre les formes de la saison humide et celles, de même espèce, de la saison sèche, est plus accentuée que l'est dans nos régions, la différence entre les formes d'hiver et celles de l'été.

Ainsi Lionel de Nicéville[2] a montré que les formes indiennes *Cyllo leda* et *Cyllo ismene* ne sont en réalité qu'une seule et même espèce; la première

[1] D'après L.-F. Henneguy (1904, 65), p. 512.
[2] D'après P. Bachmetjew (1907, 1) p. 365.

apparaît pendant la saison sèche, tandis que l'autre ne se montre que pendant la saison humide. Il est vrai que SCHWINHOE, d'après BUTLER (1879, 18), avait précédemment constaté la présence des deux formes, dans les environs de Bombay, aussi bien dans chacune des deux saisons.

G.-A.-K. MARSHALL[1] admet que le dimorphisme saisonnier de *Pieris octavia-seramus*, Lépidoptère du Transwaal, est dû à l'action de la sécheressse et de l'humidité; la forme *seramus* apparaît pendant la saison humide, tandis que la forme *octavia* est celle de la saison sèche.

L'auteur admet que l'excitant réside dans le milieu extérieur et combat l'hypothèse de POULTON que, par suite des modifications acquises dans les couleurs, qui, dans certains cas, deviennent protectrices, la sélection naturelle ait joué un rôle primordial dans la production de ces couleurs. Tandis que le dimorphisme saisonnier serait dû, en Europe, à la différence de température, dans l'Afrique centrale il faudrait surtout considérer la différence d'humidité.

Poursuivant ses recherches, MARSHALL (1901, 102) étudie l'influence de l'humidité sur les chenilles du genre *Terias* et il arrive à la conclusion que, dans bien des cas, le stimulus nécessaire pour produire le dimorphisme saisonnier consiste en une combinaison de l'humidité et de la chaleur, ou inversement de la sécheresse et du froid. Enfin C.-W. BARKER (1895, 7) démontre que, dans le Natal, des règles constantes président aux modifications qui différencient la forme de la saison humide et celle de la saison sèche.

En Europe, les cas de dimorphisme saisonnier, quoique moins accentués que dans les pays tropicaux, sont tout aussi nombreux. Citons comme exemples *Anthocharis belia-ausonia* (*belia*, printemps, *ausonia*, été); *Anthocharis belemia-glauca; Lycæna polysperchon-amintas; Papilio machaon*, dont la couleur du fond est jaune pâle au printemps, jaune orangé en été; *Selenia tetralunaria-æstiva*, etc. Il en est de même pour la plupart des espèces qui ont deux générations par année.

J.-A. DUPONCHEL (1849, 30) et E. BERCE (1867, 10) ont entrepris l'étude expérimentale du dimorphisme de *Vanessa levana-prorsa*. Cette Vanesse apparaît au printemps, provenant de chrysalides qui ont passé l'hiver, sous la forme *levana* (teinte brun-jaunâtre, avec des taches noires et blanches). La *Vanessa levana* pond, et ses chenilles et chrysalides, après une courte existence, donnent, en juillet, des Papillons brun foncé, presque noirs, avec quelques taches blanches, et un peu plus grands que les Papillons du printemps. Cette seconde génération est donc représentée par des individus *mélanisants* et constitue la forme *prorsa*, de laquelle proviendra de nouveau au printemps suivant, la forme *levana*. Quelquefois des individus *prorsa*

[1] D'après F. HENNEGUY (1904, 65), p. 516.

éclosent déjà en automne, et apparaissent alors sous une forme intermédiaire, *porima*.

En maintenant à la chaleur les chrysalides de *levana*, DUPONCHEL obtint la forme *prorsa* et, en maintenant à la chaleur les chrysalides de *prorsa*, BERCE obtint la forme *porima*.

A. WEISMANN (1875, 186) étudia, outre celle de la chaleur, l'influence des basses températures sur les chrysalides de cette Vanesse. Il maintint pendant quatre semaines dans une glacière des chrysalides provenant de la génération *prorsa* et obtint des Papillons qui, pour la plupart, avaient la coloration claire de *levana*. Plus tard (1895, 188), ayant entrepris de nouvelles séries d'expériences en vue d'établir dans quelles limites le dimorphisme saisonnier peut être considéré comme le résultat direct des conditions de température, et dans quelle mesure les différences de climat peuvent avoir donné lieu à des modifications permanentes, c'est-à-dire *héréditaires*, dans la couleur, le même auteur a montré qu'il existe deux sortes de dimorphisme saisonnier : un *dimorphisme direct*, résultant directement des variations du milieu extérieur (Ex : *Chrysophanus phlæas*) et un *dimorphisme adaptatif* qui est le résultat d'un processus d'adaptation héréditaire où la sélection naturelle semble jouer un certain rôle (Ex : *Vanessa levana-prorsa*). Dans cette dernière sorte de dimorphisme, les conditions extérieures n'agissent que comme stimulant, produisant par un phénomène d'induction le développement de déterminants particuliers. Dans certains cas, tel que celui de *Pieris napi*, il est probable que les deux sortes de dimorphisme soient représentés.

E. FISCHER (1895, 38) et G.-W. RUHMER (1898, 150 et 151), qui ont aussi étudié les effets de la température sur plusieurs espèces et en particulier sur *Vanessa levana* et ses variétés, confirment les résultats obtenus et se rattachent aux conclusions de WEISMANN.

M. STANDFUSS (1895, 161), dans ses recherches sur la température comme facteur de variation chez les Lépidoptères, a montré que, sous cette influence, peuvent naître :

1° Des variétés saisonnières, *(Vanessa C. album* et *Papilio machaon)* ;
2° Des formes et des races locales ;
3° Des formes telles qu'on en voit apparaître çà et là exceptionnellement ;
4° Des formes phylogénétiques.

Les données de l'auteur s'accordent avec l'opinion qui attribue aux agents extérieurs une influence directe pour la formation des formes saisonnières et des espèces. C'est aussi celle qu'a soutenue EIMER (1889, 32). L'un et l'autre se refusent à admettre, sous ce rapport, l'influence de la sélection naturelle.

W. Harcourt-Barth (1896, 63) a porté ses observations sur le dimorphisme saisonnier de diverses espèces de la Grande Bretagne. En ce qui concerne les *Pieris brassicæ*, *Pieris rapæ* et *Pieris napi*, l'auteur conclut de ses expériences à l'influence directe du milieu (température) comme facteur de dimorphisme saisonnier.

Comme on le voit, l'origine du dimorphisme saisonnier est loin d'être établie. L'hérédité entre certainement en ligne de compte et les exemples de *Vanessa levana-prorsa*, ainsi que d'autres parmi ceux observés jusqu'à maintenant, tendent à montrer que l'on se trouve en présence de cas d'*alternance de générations* dans lesquels la température agit simplement comme stimulant. C'est ce que confirment les recherches de Weismann (1875, 186 et 1895, 188) et, avant lui, celles de Dorfmeister (1864, 29).

Quoi qu'il en soit, que le dimorphisme saisonnier soit adaptatif ou résulte directement des conditions de l'ambiance, les différences que présentent les individus de chacune des générations, en ce qui concerne les régions tempérées, sont soumises à la loi de la *variation par mélanisme et albinisme des parties*. C'est ce dont chacun se rendra compte facilement par l'examen d'une collection tant soit peu étendue. Pour ce qui est des Papillons des régions à saisons sèche et humide, nous avons vu que la production de pigment noir caractérise parfois une des générations.

B. — Influence de l'humidité et de la sécheresse

L'humidité joue certainement un rôle comme facteur de mélanisme. Dans certaines régions, l'air est presque constamment chargé de vapeur d'eau; ailleurs, les périodes humides sont intermittentes. Dans certains pays tropicaux, la saison humide alterne avec la saison sèche; dans d'autres, la sécheresse domine presque toute l'année. En Europe, les périodes d'humidité ne sont pas partout régulières, à époques fixes.

L'observation directe montre que les années pluvieuses sont parfois riches en aberrations surcolorées.

C'est ainsi que F. Rühl (1889, 148) constata le fait pour *Argynnis euphrosyne* et que R. Berger (1892, 12) a montré que les formes foncées d'*Aglia tau* proviendraient de chenilles qui ont vécu dans des lieux humides.

Mais c'est surtout à l'expérimentation que nous devons demander la solution du problème; nombreux sont les auteurs qui ont étudié l'humidité comme facteur modifiant la couleur des Papillons. Nous en citerons les principaux résultats :

L. Katharıner (1900, 75) trouva que l'humidité et la pression amènent des perturbations dans la coloration des Papillons et F. Rühl (1892, 149) montra que, lorsque des chrysalides se trouvent placées, expérimentalement, dans le voisinage de l'eau froide, les Papillons qui en proviennent sont fréquemment frappés de mélanisme partiel.

A. Weismann (1895, 188) remarqua que l'humidité d'une glacière dans laquelle se trouvaient des chrysalides de *Chrysophanus phleas* rendait souvent plus intense le rouge de ces Insectes.

K. Frings (1898, 47), ayant enfoui dans du sable mouillé la partie antérieure de chrysalides nouvellement formées de *Vanessa c-album* et de *Vanessa atalanta*, de façon que l'abdomen et ses stigmates fussent seuls en dehors, remarqua que les Papillons issus de cette expérience possédaient, pour la plupart, des caractères mélanisants. Quant à F. Fuchs (1905, 54), ayant élevé les chenilles d'*Acidalia similata* dans une éleveuse constamment saturée d'humidité, il observa que les insectes parfaits avaient les ailes uniformément grisâtres ; il nomma cette aberration *grisea*.

Nous avons montré (1903, 122; 1904, 124 et 1905, 126) que l'humidité agissant sur les larves et sur les chrysalides modifie notablement la coloration des Papillons qui en proviennent. Nous n'entrerons pas dans le détail des nombreuses expériences auxquelles nous nous sommes livrés ; nous nous bornerons à indiquer dans quelles circonstances l'humidité agit pour produire une surabondance de pigment foncé sur les ailes des Papillons qui ont été soumis à ces expériences :

1° Lorsque les chenilles consomment des feuilles constamment recouvertes d'humidité.

2° Lorsque les chrysalides sont placées dans une atmosphère saturée d'humidité à la température normale, ou reçoivent cette humidité sous forme d'une pluie artificielle.

3° Lorsque les chrysalides sont placées dans une atmosphère humide à la température de + 5 à 10° et de + 8 à 15°.

Dans aucun des cas précités l'humidité n'a produit de formes albinisantes. Mais lorsque les chenilles de *Vanessa urticæ* furent soumises à cette influence pendant la période de suspension qui précède la nymphose, les Papillons furent légèrement plus clairs, avec caractères albinisants.

Cependant l'humidité ne semble pas un facteur absolument général de mélanisme et, si la surproduction de pigment foncé en est, le plus souvent, le résultat, le contraire se présente également. H. Federley (1905, 35) a observé, en effet, que la production de formes albinisantes de *Leucodonta bicoloria* est due à l'humidité.

L'influence de la sécheresse a été étudiée par quelques auteurs; ses effets ne semblent pas moins manifestes que ceux de l'humidité.

A. Meyer-Dür (1852, 114) a trouvé que les Papillons d'*Arge galathea* varient suivant qu'ils se rencontrent sur les pentes froides et sèches, où ils sont jaunâtres (aberrations mélanisantes) ou dans les tourbières et les endroits marécageux où la couleur du fond de leurs ailes est plus blanche (forme normale).

O. Habich (1891, 62) admet que la sécheresse de la nourriture de la chenille a une influence sur la coloration du Papillon. A ce propos nous rappellerons que les chenilles de *Vanessa urticæ*, nourries avec des feuilles d'Orties desséchées, donnent lieu à des adultes petits, aux couleurs ternes, aux dessins effacés.

M. Standfuss (1891, 160) admet que l'albinisme soit une résultante de la sécheresse des chrysalides, tandis que W. Prest (1877, 139) trouve le contraire pour ce qui concerne *Amphydasis betularia* dont les chenilles ont été nourries de plantes sèches.

Mentionnons encore les recherches de C. Ribbe[1] qui démontrent que les chenilles de la variété verte d'*Ornithoptera priamus* ne se rencontrent que sur les plantes qui poussent dans les endroits secs, tandis que les chenilles de la variété jaune *cræsus* ne vivent que dans les lieux humides.

Enfin H. Bürstert (1901, 17) montre que le milieu humide agit sur les chrysalides de *Sphinx pinastri* pour produire des variations foncées de leur Papillon, tandis que le milieu sec agit dans le sens opposé.

Les expériences signalées sont suffisantes pour nous montrer que l'humidité et la sécheresse constituent aussi bien un facteur de mélanisme que d'albinisme partiels.

C. — Influence de la température.

De tous les agents extérieurs, c'est sans contredit la température qui agit le plus dans la variation des Papillons. Lorsque les œufs, les chenilles ou les chrysalides de la plupart des espèces sont placés dans un milieu anormalement chaud ou anormalement froid, ils réagissent contre cette influence à laquelle leurs ascendants n'ont pas été accoutumés; cette réaction se traduit sur les ailes des Papillons qui proviennent de ces œufs, de ces chenilles ou de ces chrysalides, par des modifications souvent très accentuées dans la forme et la couleur des dessins.

Un nombre important de recherches ont été faites dans ce domaine, de 1864 à nos jours; les résumer toutes, serait allonger considérablement ce travail et ceux qui désireraient se documenter à ce sujet feront bien de consulter le bel

[1] D'après P. Bachmetjew (1907, 4), p. 365.

ouvrage que P. Bachmetjew (1901, 3 et 1907, 4) a consacré à l'entomologie expérimentale; ils y trouveront, résumés, tous les travaux qui ont paru dans ce domaine.

Sous l'influence de la température, les Lépidoptères modifient parfois considérablement l'ornementation de leurs ailes; c'est surtout la chrysalide qui est sensible. Elle peut supporter une température de 55°, ou de plusieurs degrés au-dessous de zéro, et cela pendant un certain temps, sans être tuée.

M. Standfuss (1900, 167 et 1901, 168) a démontré qu'il suffit d'exposer deux heures de suite des chrysalides à une température de 42-45° pendant deux, trois ou quatre jours consécutifs, pour déterminer des aberrations. Nous avons obtenu nous-même de très jolies formes, voisines des aberrations *ichnusoïdes* et *polaris* de *Vanessa urticæ*, en ne soumettant les chrysalides de cette espèce qu'une seule fois deux heures de temps à 43°, assez vite après la pupation. Chez certaines espèces, telles que les *Vanessa*, les aberrations obtenues de la sorte sont très différentes des types respectifs, tandis que d'autres espèces ne se modifient que peu, ou même pas du tout.

Dans les expériences de température, les auteurs ont employé les méthodes les plus diverses, ont varié la durée de l'exposition à la température aussi bien que le degré de celle-ci; ils ont également fait agir le froid et la chaleur sur des chrysalides d'âges divers, tout en reconnaissant que la pupe fraîchement formée est plus sensible que la pupe âgée; ils ont encore soumis les chrysalides plusieurs jours consécutifs, ou bien chaque jour pendant un certain temps, au même régime thermique. Enfin quelques-uns se sont appliqués à alterner l'influence de la chaleur et du froid. Les résultats ont donc sensiblement varié suivant le procédé ou suivant l'importance de l'expérience.

Mais, malgré les procédés différents et malgré les résultats divers, les aberrations produites, qu'elles soient accentuées ou simples, peuvent toutes se ramener aux deux types de variation par *mélanisme et albinisme des parties;* dans les recherches bibliographiques auxquelles nous avons dû nous livrer et pour lesquelles le travail de Bachmetjew nous a été d'une grande utilité, nous n'avons pas trouvé (à part un petit nombre de cas douteux et mal étudiés) d'exception à cette règle.

Pour en faire ressortir l'importance, nous classerons, dans les tableaux suivants, les résultats obtenus par les auteurs en deux catégories :

1° Aberrations mélanisantes (produites par la chaleur et par les basses températures).

2° Aberrations albinisantes (produites par la chaleur et par les basses températures).

Aberrations mélanisantes

AUTEURS	INFLUENCE DE LA CHALEUR		INFLUENCE DES BASSES TEMPÉRATURES	
	Température		Température	
G. Dorfmeister (1864, 29)		*Euprepia caja.*		
C.-E. Venus (1888, 183)		*Vanessa urticæ.* ab. *ichnusa.*		
F. Merrifield (1889, 107 ; 1891, 108 ; 1892, 109 ; 1893, 110 et 1894, 111)	26 °,7	*Selenia illunaria, S. lunaria, S. illustraria.*	0°,5	*Selenia illunaria ; S. lunaria . S. illustraria.*
		Platypterix falcataria (gener. printemps).	10°,5	*Platypterix falcataria* (gen. printemps).
	26°,7	*Vanessa levana* ab. *prorsa.*		*Eugonia autumnaria.*
			8° ,2	*Vanessa urticæ* ab. *polaris.*
				Vanessa urticæ ab. *ichnusa*
			8° ,2	*Bombyx quercus* ab. *callunæ.*
			10 °,5	*Chelonia caja.*
	27 à 30°	*Chrysophanus phleas.*	0°	*Chrysophanus phleas.*
			0°	*Parargе egeria.*
			0°	*Vanessa polychloros.*
M. Standfuss (1894, 161 ; 1895, 162 et 163)	de 7 à 10 j. à 37°	*Papilio machaon.*	plusieurs jours 5 à 8°	*Vanessa C. album, V. polychloros.*
	48 h. à 39°	*Rhodocera rhamni* ♂		*V. urticæ* (la plupart *polaris*). *V. io* (la plupart *fischeri*), *V. antiopa.*
				V. cardui, Argynnis aglaja.
				D. abietis.
			34 à 48 jours d[s] glacière	*Vanessa polychloros, V. antiopa.*
				V. cardui (ab. *wiskotti*).
				V. atalanta (ab. *merrifieldi*).
E. Fischer (1895, 38)	34 à 38°	*Vanessa urticæ*, passage à ab. *ichnusa* et ab. *turcica.* *V. polychloros.*	d[s] glacière	*Vanessa io* et ab. *fischeri.* *V. antiopa* et ab. *artemis.*
A. Weismann (1895, 188)	29 à 40°	*Vanessa urticæ.*		*Crysophanus phleas* de Naples, élevées à Fribourg = ab. *eleus* et formes plus foncées que *phleas.*

AUTEURS	INFLUENCE DE LA CHALEUR		INFLUENCE DES BASSES TEMPÉRATURES	
	Température		Température	
F. Merrifield (1894, 111 ; 1896, 112)		*Gonopteryx rhamni.*		*Pararge egeria*, *Vanessa polychloros.*
				Vanessa urticæ ab. *polaris.*
M. Standfuss (1896, 164)	30	*Lasiocampa quercifolia* (œufs, chenilles et chrysalides).	3	
E. Fischer (1896, 39 ; 1898, 40 et 1903, 43)	36 à 38°	*Vanessa antiopa.*	0°	*Vanessa urticæ* et ab. *polaris* et ab. *ichnusoïdes*, *V. io* et ab. *fischeri*, *V. antiopa* et ab. *artemis.*
	35 à 30° pendant l'hiver	*Vanessa levana.*		
	38 à 41	*Vanessa io* et ab. *fischeri* ; *V. urticæ* et ab. *polaris* ; *V. polychloros* et ab. *dixeyi* et formes voisines ; *V. antiopa* et ab. *artemis* ou formes voisines ; *V. atalanta* et ab. *merrifieldi* ; *V. cardui* et ab. *wiskotti.*	— 4° à — 20° — 8° à — 12° — 6° à — 10°	*V. io* et ab. *antigone*, *V. urticæ* et ab. *polaris* et et *ichnusoïdes*, *V. polychloros* et ab. *testudo*, *V. cardui* et ab. *elymi*, *V. atalanta* et ab. *merrifieldi* et *clymene.*
	insolation	*V. urticæ* et ab. *ichnusa*, ab. *ichnusoïdes* ; *V. polychloros* et ab. *testudo* ou formes voisines ; *V. antiopa* et ab. *artemis*, ab. *antigone* ; *V. cardui* ab. *elymi* ; *V. atalanta* et ab. *clymene.*		
F. merrifield (1897, 112)			5 à 10	*Aporia crataegi*, *Argynnis paphia.*
M. Standfuss (1898, 165 et 166)	44	*Parnassius apollo*, *P. delius.*	2 à 5	*V. io* et ab. *belisaria.*
		Vanessa cardui et ab. *elymi*, *V. C. album* et ab. *f. album.*	— 10 à — 12°	*V. urticæ* et ab. *atrebatensis* et *ichnusoïdes*, *V. io* et ab. *belisaria.*
H. Gauckler (1896, 57 ; 1898, 58)			+ 3°	*V. io* et ab. *fischeri.*
			+ 2°	*V. urticæ*, *V. io* et ab. *fischeri*, *V. antiopa.*
F. Urech (1898, 180 et 181)		*Vanessa io* et ab. *Calore nigrum maculata.*	0°	*Vanessa urticæ* et ab. *polaris artifice* et ab. *donar.*

AUTEURS	INFLUENCE DE LA CHALEUR		INFLUENCE DES BASSES TEMPERATURES	
	Température		Température	
F. URECH (1898, 180 et 181)			— 10 à — 14°	*V. io* et ab. *io kaste*, ab. *fischeri*, ab. *antigone*.
C. FRINGS (1898, 4 ; 1899, 48 ; 1900, 49 ; 1901, 50 ; 1902, 51 ; 1903, 52 ; 1905, 54)	+ 39°	*V. urticæ* et vois. *ichnusa*, *polaris*	6 à 8°	*V. urticæ* et vois. *ichnusa*, *polaris*.
		V. io et vois. *fischeri* et *belisaria*.		*V. io* et ab. *fischeri* et ab. mélanisantes.
	+ 43°	*V. urticæ* ab. *polaris* ; *V. polychloros* ab. *testudo* ; *V. prorsa* ab. *levana*.		*V. atalanta* ab. *merrifieldi* et ab. mélanisantes, *V. C. album*.
	+ 38°	*V. urticæ* et passages entre *ichnusa* et *ichnusoïdes*.	— 13°	*V. urticæ* et ab. *ichnusoïdes*. *V. atalanta* et ab. *clymene*, et ab. *merrifieldi*.
	+ 37 à 39°	*Papilio machaon* ; *Thais polyxena* ab. *ochracea* ; *Melitæa dydima*, *M. aurinia*.	— 15°	*Papilio machaon*, ab. *nigrofasciata*.
			— 6 à — 8°	*Apatura iris*.
	+ 40°	*Papilio podalirius* ab. *nigrofasciatus* ; *Polyommatus amphydamas* ab. *obscura*.	expérience de gelée	*Vanessa polychloros* ab. *testudo*. *V. C. album* ab. *f. album*, *V. antiopa* ab. *hygiæa*, *V. atalanta* ab. *merrifieldi*.
	+ 43 à 50°	*Papilio machaon* ab. *nigrofasciata* ; *Vanessa io* et formes voisines de ab. *sardoa* ; *V. atalanta* ; *V. cardui*.		
			+ 1 à + 3°	*Arctia caja*.
M. VON LINDEN (1899, 82)	+ 30°	*Papilio podalirius*. *V. levana* ab. *prorsa*.		
E. FISCHER (1899, 40)			+ 13 à — 3° à + 15°	*V. urticæ* ab. *ichnusoïdes* et formes voisines ; *V. polychloros* et ab. *testudo*, *V. antiopa* et ab. *artemis*, *V. io* et ab. *antigone*, *V. C. album* et ab. *f. album*, *V. cardui* et ab. *elymi*, *V. atalanta* et ab. *clymene*.

AUTEURS	INFLUENCE DE LA CHALEUR		INFLUENCE DES BASSES TEMPÉRATURES	
	Température		Température	
L. Cathariner (1900, 75)			expérience de gelée	*Vanessa io*
E. Irmscher (1900, 72)	exposition au soleil	*Psilura monacha.*		
B. Slevogt (1900)			fenêtre exposée au nord	*Vanessa polychloros.*
C. Lorez (1904, 97)		*Arctia flavia* ab. *obscura.*		
E. Fischer (1901, 42)			+ 1 à + 3	*Arctia caja.*
C. Frings (1903, 52; 1905, 53)	+ 40°	*Papilio podalirius ; P. machaon ; Polyommatus amphydamas,* ab. *obscura.*	— 10°	*Limenitis sibylla* et ab. *nigrina.*
			+ 6 à + 7°	*Melitæa maturna, M. aurinia, Callimorpha dominula, Arctia hebe, A. villica, A. aulica, A. flavia, A. purpurata, Argynnis daphne, A. paphia, Deilephila euphorbiæ, Limenitis populi.*
H. Federley (1905, 35)	+ 37 à 40°	*Lymantria dispar ; Malacosoma neustria.*	0	*Lymantria dispar.*
C. Schröder (1903, 155)	38°	*Abraxas grossulariata.*		
T. Reuss (1909, 142)	exposition au soleil	*Vanessa urticæ,* ab. *iocolor* et *ioform.*		

ABERRATIONS ALBINISANTES

AUTEURS	INFLUENCE DE LA CHALEUR		INFLUENCE DES BASSES TEMPÉRATURES	
	Température		Température	
G. DORFMEISTER (1864, 29)		*Vanessa urticæ* et *V. io.*	+ 4° à 13°	*Chrysophanus phlæas.*
F. MERRIFIELD (1892, 109; 1893, 110; 1894, 111; 1897, 112)	+ 26°,7	*Bombyx quercus*, ab. *callunæ.*		*Eugonia autumnaria.*
	+ 26°,7 à + 32°	*Pararge egeria.*		*Gonopteryx rhamni.*
		Vanessa polychloros, V. atalanta, Eugonia autumnaria.		
M. STANDFUSS (1895, 162)	+ 37°	*Vanessa C. album, V. polychloros, V. antiopa, V. cardui Argynnis aglaja.*	+ 5° à 8°	*Vanessa antiopa, V. polychloros.*
E. FISCHER (1895, 38)	+ 36°	*Vanessa cardui.*	0°	*Vanessa prorsa* ab. *porima.*
				Vanessa antiopa ab. *hygyæa.*
M. STANDFUSS (1898, 166)			— 2° à 5°	*Colias myrmidone* ab. *alba.*
C. FRINGS (1898, 47; 1899, 48; 1901, 50; 1905, 53)	+ 37°	*Vanessa antiopa* ab. *hygyæa.*	+ 6° à 8	*Vanessa antiopa.*
	+ 43°	*V. prorsa* ab. *porima.*		*Abraxas grossulariata.*
	+ 39°	*Vanessa antiopa* ab. *hygyæa.*		*Vanessa antiopa* ab. *hygyæa.*
C. SCHRÖDER (1903, 155)	+ 38°	*Abraxas grossulariata.*		
F. RÜHL (1888, 147)		*Papilio podalirius, P. machaon, Thais polyxena.*		
M. STANDFUSS (1896, 164; 1898, 165 et 166)	+ 25	*Callimorpha dominula.*		
	+ 45°	*Papilio podalirius* ab. *zancleus.*		
		Satyrus semele ab. *aristæus.*		
		Vanessa antiopa ab. *hygyæ.*		
G. W. RUHMER (1898, 150)			+ 2°	*Vanessa prorsa* ab. *porima.*
E. FISCHER (1895, 38)	+ 36° à 38°	*Vanessa antiopa, Papilio machaon.*	+ 13° à — 3° à — 15°	*Vanessa antiopa* et formes voisines de l'ab. *hygyæa.*

AUTEURS	INFLUENCE DE LA CHALEUR		INFLUENCE DES BASSES TEMPÉRATURES	
	Température		Température	
M. von Linden (1898, 82)	+ 30°	*Vanessa levana* ab. *porima*.		
E. Fischer (1899, 40)	exposition au soleil	*Vanessa antiopa* et ab. *epione* et ab. *hygyæa*.		
L. Katharıner (1900, 75)	réchauff. unilatéral par rayons solaires	*Vanessa urticæ*.		
E. Fischer (1903, 43)	+ 38° à 41°	*Vanessa prorsa* ab. *porima*.		
C. Frings (1903, 52; 1901, 50)	+ 43° à 44°	*Thais polyxena*. *Deilephila euphorbiæ*.	Expérience de gelée	*Papilio podalirus* ab. *zancleus*, *Arctia caja* et ab. *schultzii*.
H. Federley (1905, 35)	+ 37° à 38°	*Limantria dispar*, *Malacosoma neustria*.	0°	*Lymantria dispar*, *Malacosoma neustria*.
O. Seifert (1905, 157)			— 12°	*Arctia proxima*.

L'examen de ces tableaux nous apprend que :

1° Des aberrations mélanisantes et albinisantes sont produites aussi bien par les températures élevées que par les températures basses.

2° Des formes albinisantes *de même espèce* et en tous points semblables sont obtenues par la chaleur comme par le froid ; des formes mélanisantes *de même espèce* s'obtiennent également au moyen des deux sortes de température.

3° La plupart des aberrations obtenues par ces procédés sont des formes locales qui se retrouvent dans d'autres localités ou d'autres pays où les conditions de température sont voisines de celles qui ont été expérimentées.

4° Quelques-unes des aberrations artificielles, principalement parmi les *Vanessa*, *sont identiques à celles obtenues sous l'influence de l'humidité.*

5° Le mélanisme semble plus fréquent que l'abinisme.

6° Les aberrations obtenues se créent toutes suivant *la loi du mélanisme et de l'albinisme des parties.*

E. Fischer (1895, 39; 1899, 40 et 1903, 43) et M. Standfuss (1898, 165 et 166) sont les premiers qui aient démontré que les deux extrêmes de température, agissant sur les chrysalides, produisent les mêmes variations de leurs Papillons. Les expériences de G.-W. Ruhmer (1898, 150), F. Urech (1899, 182), M. von Linden (1904, 90) et H. Federley (1905, 35) ont donné des résultats analogues, c'est-à-dire que le froid et le chaud se conduisent comme des facteurs physiologiques équivalents.

Pour Fischer, on ne doit pas considérer le froid et la chaleur comme deux agents distincts agissant en sens opposé sur les espèces considérées. Comme il n'y a, entre ces facteurs, qu'une différence de quantité dans le nombre des vibrations, on doit de même regarder les réactions auxquelles ils donnent lieu sur l'organisme comme ne différant entre elles que par une question de degré. Federley démontre, en outre, que presque toutes les couleurs, sous l'influence des températures extrêmes, peuvent se modifier en couleur noire.

Les recherches de M. von Linden l'amènent à la conclusion que les températures basses et chaudes déterminent le plus souvent, les unes et les autres, une augmentation du pigment sombre. C'est ce que montrent également les tableaux précités. C'est aussi la même chose avec l'humidité.

F. Urech (1896, 175) conclut que la chaleur agit, dans le développement ontogénique, d'une façon corrélative en ce qui concerne les modifications de couleur, modifications qui donnent, pour résultat final, soit la *décoloration,* soit l'*accentuation des couleurs.* D'autre part, le même auteur (1899, 182) a démontré que l'influence des agents thermiques varie suivant les espèces, que le froid assombrit le pigment chez *Vanessa urticæ,* tandis qu'il l'éclaircit chez *Vanessa levana-prorsa* et que ce n'est pas la température elle-même qui agit, mais bien plutôt ses variations, les oscillations de l'énergie calorique.

Cependant l'examen des tableaux montre nettement le contraire, c'est-à-dire que le froid et le chaud assombrissent ou éclaircissent l'un et l'autre le pigment *chez presque toutes les espèces expérimentées.* L'influence de l'état anormal produit par la différence des vibrations thermiques dans lequel se trouve la chrysalide apparaît donc comme très nette.

H. Federley (1905, 35) a encore porté ses recherches sur la forme des écailles de divers Papillons modifiés par la température et il résulte que le froid très vif et la chaleur excessive modifient la forme des écailles, qui peuvent être aussi moins nombreuses, tandis que le chaud et le froid moyens altèrent seulement la couleur des ailes, soit dans le sens mélanisant, soit dans le sens albinisant.

Il y a lieu de reconnaître cependant que, dans quelques cas, les deux sortes de variation peuvent se rencontrer sur les ailes du même Papillon. Mais le fait

qu'un même individu se modifie à la fois selon les deux modes de variation n'infirme en aucune façon la loi de la variation par mélanisme et albinisme des parties; il l'affirme au contraire[1].

D. — Influence de la lumière.

L'intensité des rayons lumineux joue un rôle évident dans la coloration des téguments des Insectes et de la plupart des animaux. Les larves qui vivent dans l'obscurité sont souvent incolores et blanchâtres; parmi celles qui vivent à la lumière, beaucoup sont, au contraire, parées de colorations plus ou moins vives, parfois éclatantes.

L. Möller (1867, 115) avait déjà remarqué que plus la lumière est intense, plus la couleur des Insectes est intense également.

E. B. Poulton (1887, 1898, 138), F. Merrifield (1898, 113), E. Bordage, (1889, 15), Ch. Schröder (1896, 156), C. E. Venus (1888, 183) et d'autres, ont signalé la relation qui existe entre la couleur de certaines chenilles et de certaines chrysalides et celle des surfaces où elles sont fixées. Poulton et Merrifield, entre autres, ont démontré que la coloration des chrysalides de plusieurs espèces se modifie suivant qu'elles sont placées dans des récipients de couleurs diverses, de manière à devenir foncées dans des milieux foncés et claires dans des milieux clairs. Schröder, de son côté, en ce qui concerne les chenilles d'*Eupithecia oblongata*, a mis en évidence l'influence des rayons lumineux.

Nous ne suivrons pas ces auteurs dans les théories, très intéressantes et pleines de mérite, qu'ils ont émises touchant le mimétisme et la protection que retirent les Insectes de l'homochromie acquise sous l'influence de la lumière ambiante; cette protection ne semble pas douteuse, mais son étude sort du sujet que nous traitons. Nous nous bornerons à mentionner que, parmi les adversaires de la théorie en question, M. C. Piepers (1895, 134) a nié que les colorations acquises fussent protectrices.

Les chrysalides et les larves dont la couleur a été ainsi modifiée ne donnent pas souvent naissance à des Papillons modifiés à leur tour. Cependant C. E. Venus (1888, 183) remarqua que, parmi les chenilles de *Vanessa urticæ* qu'il eut en éducation, celles qui se chrysalidèrent au soleil devinrent jaunâtres, avec reflets métalliques et donnèrent naissance à la forme très colorée ab. *ichnusa* de la Corse.

[1] Plusieurs auteurs ont montré que la température exerce une influence directe sur la coloration des chenilles et des chrysalides de même que sur leur ontogénie. Mais nous n'avons pas à traiter ici cette question.

De son côté, M. von Linden (1899, 82), ayant placé des chenilles et des chrysalides dans des récipients en verre recouverts de gélatine monochromatique, constata que les plus grands Papillons de *Vanessa urticæ* furent obtenus par la lumière bleue; les plus grands Papillons de *Vanessa io* provinrent par contre de l'obscurité, là où il n'y avait pas de rayons. Dans la lumière rouge, les chrysalides donnèrent des Papillons à couleur du fond intense, tandis que dans la lumière bleue, la couleur fut au contraire plus claire.

Par contre, les recherches de L. Kathariner (1900, 74), de M. Standfuss (1891, 160), de F. Merrifield (1892, 109) et de E. Blanchard (1895, 14), tout en démontrant l'influence de la lumière sur la coloration des pupes, n'ont pas donné de résultats positifs en ce qui concerne la variation des adultes.

V. Graber[1] et N. Cholodkowsky (1901, 22) concluent au contraire que l'intensité des rayons lumineux peut agir sur la chenille pour amener, plus tard, des modifications sensibles sur les ailes des Papillons. Graber, ayant élevé des chenilles de *Vanessa polychloros* sous un verre jaune, obtint des Papillons chez lesquels les lunules bleues étaient remplacées par des lunules grises. Cholodkowsky fit une série d'expériences en élevant des chenilles de *Vanessa urticæ* sous l'influence des rayons jaunes, rouges et bleus. La plupart des Papillons, une cinquantaine, ne présentaient pas de modifications spéciales que l'on puisse attribuer à l'influence expérimentale. Mais trois d'entre eux, un provenant de l'expérience avec les rayons jaunes et deux de celle avec les rayons bleus, furent, au contraire, complètement modifiés; ils sont franchement mélanisants et se rapprochent, par plusieurs caractères, de variations obtenues par la température, par l'humidité et par d'autres influences que nous étudierons ensuite.

Nous voyons que, dans quelques cas, les variations produites sont sensiblement les mêmes que celles obtenues par la température et l'humidité.

E. — Influence des agents chimiques.

Dans ce domaine, les recherches sont peu nombreuses; nous signalerons tout particulièrement celles que M. von Linden (1899, 82; 1904, 89; 1905, 91 et 94) a entreprises pour démontrer l'influence qu'ont les principaux composants de l'air sur le développement et sur la variation des Lépidoptères. C'est l'azote et l'acide carbonique qui agissent avec le plus d'intensité sur les chrysalides pour-

[1] D'après P. Bachmetjew (1907, 4), p. 476.

modifier les dessins de leurs Papillons. Des pupes de *Vanessa urticæ* plongées dans de l'acide carbonique pendant 24 h. donnèrent la forme *ichnusoïdes* et quelques variations se rapprochant de l'ab. *polaris*. Une incubation de 48 h. dans l'azote produisit également l'ab. *ichnusoïdes* et, pour *Vanessa io*, l'ab. *belisaria*. Quant à l'influence de l'oxygène sur les chrysalides de *Vanessa urticæ* elle crée, sur les ailes de leurs Papillons, des caractères foncés.

Nous avons démontré (1905, 125) que des chrysalides de *Vanessa urticæ* placées dans des boîtes closes contenant de la naphtaline donnèrent des aberrations voisines de celles obtenues par l'humidité froide et, dans quelques cas, par la température (ailes transparentes par place, coloration rose et transport du pigment foncé vers le bord de l'aile).

Quoique peu nombreuses, ces recherches confirment ce que nous avons vu précédemment en ce qui concerne, du moins, le mélanisme.

F. — Influence de la nourriture.

Plus nombreuses sont les recherches qui ont pour but de mettre en évidence l'influence exercée par la nourriture des chenilles sur la variation de leurs Papillons. Cette influence ne peut être qu'évidente si l'on songe à l'énorme quantité de nourriture que doivent consommer les chenilles pour mener à bien leur évolution ontogénique; on ne sera donc nullement surpris que des modifications physiologiques, provenant de la quantité ou de la qualité de l'alimentation des larves, puissent se produire dans leur sang, et de là sur les ailes des Papillons, le sang étant le producteur et le véhicule de la matière colorante dans les écailles.

Toutefois les variations obtenues, soit en restreignant le régime alimentaire, soit en remplaçant les feuilles habituellement consommées par celles d'autres espèces végétales, sont loin d'être aussi accentuées que celles obtenues par l'élévation ou l'abaissement de la température.

H. Gauckler (1882, 56), avec des chenilles d'*Arctia caja*, obtint des Papillons albinisants, lorsque ces larves furent nourries d'*Aconitum napellus* et fortement mélanisants, lorsqu'elles furent alimentées de feuilles d'Osier. W. Prest (1877, 139) obtint des résultats analogues en nourrissant les chenilles d'*Amphydasis betularia* et d'*Abraxas grossulariata* avec des feuilles desséchées; les Papillons de la première espèce naquirent avec des ailes noires et ceux de la seconde avec des ailes pâles. Esper[1], en nourrissant des larves de *Sphinx ligustri* avec des feuilles

[1] D'après P. Bachmetjew (1907, 4), p. 532.

de Tabac, F. SCHREIBER (1893, 153), en faisant consommer à des chenilles de *Lophopteryx camelina* ab. *giraffina* diverses essences forestières ne constituant pas leur alimentation normale, obtinrent des Papillons foncés. Tandis que ZELLER, d'après G. H. T. EIMER (1888, 31), obtenait des Papillons de *Papilio podalirius* presque sans écailles et F. RÜHL (1892, 149) des aberrations d'*Abraxas grossulariata* de diverses nuances, en changeant, l'un et l'autre, l'alimentation normale des chenilles.

Plusieurs expérimentateurs ont obtenu des variations dans la couleur des ailes de certains Lépidoptères en nourrissant leurs chenilles de feuilles trempant dans des liquides colorés ou imbibés de solutions chimiques. Nous signalerons, dans ce domaine, les recherches de E. HEIN (1894, 64) qui obtint, d'après le premier procédé, des *Vanessa urticæ* jaunâtres, et celles de M. STANDFUSS (1896, 164) qui remarqua que les ailes inférieures de *Callimorpha dominula*, rouges habituellement, devenaient jaunes lorsqu'on avait trempé les plantes nourricières des chenilles dans une solution de sel de cuisine. STANDFUSS démontre par cette expérience la cause de la fréquence des aberrations jaunes de *Callimorpha dominula* dans le voisinage de la mer.

De son côté, M. VON LINDEN a essayé de nourrir des larves de *Vanessa urticæ* avec des feuilles d'orties trempées préalablement dans diverses substances, telles que de l'ovalbumine, du sucre, du sang défibrinisé, de la lupuline, de l'atropine, etc. Les chenilles, dans plusieurs cas, produisirent des aberrations analogues à celles produites par l'élévation et l'abaissement de la température. Plus tard (1905, 92), renouvelant ses recherches, M. VON LINDEN nourrit des chenilles de *Vanessa urticæ* avec des feuilles d'orties couvertes d'hydrochinon; mais les résultats furent négatifs.

Les recherches que nous avons entreprises dans ce domaine (1902, 121; 1903, 123; 1904, 124; 1905, 126; 1909, 129) mettent en évidence le rôle de la nourriture des chenilles comme facteur de variation de leurs Papillons. Ces recherches se résumeront de la façon suivante:

Les chenilles, à l'état naturel, sont adaptées à la consommation d'un petit nombre seulement de plantes et leurs organes masticateurs se sont conformés, au cours des générations, pour entamer les feuilles auxquelles ces chenilles sont adaptées. Dans les expériences, on leur fait manger des feuilles appartenant à d'autres espèces végétales et dont les caractères anatomiques sont différents (plus ou moins grande épaisseur, plus ou moins grande consistance de leur épiderme, épiderme plus ou moins feutré de poils ou de concrétions d'oxalates, etc., etc.). Les chenilles rencontrent, pour entamer ces feuilles, une résistance qui, suivant les cas, est plus considérable ou moins considérable que la résistance qu'elles rencontrent à entamer

les feuilles habituelles. Dans le premier cas, les chenilles sont gênées par les efforts qu'elles doivent faire pour la prise de leur nourriture, se fatiguent vite à ce régime et, par le fait du repos qu'elles doivent prendre fréquemment, absorbent, au cours de leur ontogénie, une trop faible quantité de nourriture. Dans le second cas, au contraire, les chenilles ne rencontrent pas de résistance dans la prise de leur alimentation et elles se nourriront d'autant plus abondamment que la fatigue sera moindre et, par conséquent, le temps consacré au repos plus court. Ces deux modes d'alimentation, cela se conçoit, ont leur répercussion sur la nuance des ailes des Papillons, mais chacun dans un sens opposé et, dans le premier cas, c'est un facteur d'albinisme, dans le second cas, de mélanisme. Pour plusieurs espèces, entre autres pour *Ocneria dispar*, les variations mélanisantes obtenues par l'alimentation sont identiques à celles produite par l'humidité.

Nous voyons que, dans quelques cas, les aberrations obtenues sous l'influence de la nourriture des chenilles sont les mêmes que sous l'influence de l'humidité, de la lumière et de la chaleur.

G. — Influence de l'électricité.

Parmi les facteurs qui constituent le milieu, nous devons tenir compte de l'état électrique de l'atmosphère pendant les périodes d'orages. Selon le marquis de Lafitole[1] et E. Belier de la Chavignerie (1858, 8) cet état pourrait, dans certains cas, modifier la coloration des Lépidoptères.

J. Fallou (1883, 34) obtint d'éclosion un exemplaire d'*Arctia caja* presque uniformément brun, dont la pupation avait eu lieu lors d'un fort orage; des chenilles de *Melanargia galathea*, trouvées pendant un orage, donnèrent au contraire des Papillons albinisants.

N. Wagner (1865, 185) et M. von Linden (1899, 82) ont recherché l'influence de l'électricité provenant d'une bobine d'induction sur les chrysalides de *Vanessa urticæ*. Les Papillons obtenus par Wagner se remarquent par l'amplification du pigment noir; ceux qui proviennent des expériences de von Linden sont également foncés avec la bande noire marginale qui envahit en partie les lunules bleues.

Nous avons également (1899, 120) effectué quelques recherches de ce genre en faisant passer au travers du thorax de chrysalides de *Vanessa io* et de *Pieris*

[1] D'après P. Bachmetjew (1907, 4), p. 522.

rapæ le courant électrique d'une bobine de Rhumkorff, dont les électrodes étaient placées à une petite distance des fourreaux alaires. Les ailes des Papillons furent parsemées d'une infinité de petites taches brunâtres provenant de la destruction des écailles.

D'intéressantes expériences ont été pratiquées, dans ce domaine, par J. Reverdin (1909, 146) en faisant agir sur les chrysalides de *Vanessa urticæ* et de *Pieris brassicæ* les rayons Röntgen. En ce qui concerne *Pieris brassicæ,* les résultats sont différents pour les chrysalides de la génération qui passe l'hiver à l'état nymphal et pour celles de la génération d'été. Dans ce dernier cas, par le fait probablement de la rapidité du développement, il n'a pas été constaté de modification dans la couleur des ailes. Mais dans le premier cas, on observe une diminution de l'intensité du noir de la tache apicale et cela dans les deux sexes; ce pâlissement est quelquefois très accentué, mais n'atteint pas les autres taches noires, qui sont particulières aux femelles seulement. Pour *Vanessa urticæ,* parmi les nombreux spécimens issus de cette expérience, six se font remarquer par les caractères anormaux suivants : Sur le dessus, les lunules bleues qui se trouvent sur le bord des quatre ailes ont disparu complètement ou presque complètement et la place qu'elles occupent est noire. Au-dessous, certains dessins noirs sont plus accentués. Les autres *Vanessa urticæ* n'ont pas été modifiés.

Il y a lieu de faire observer que pour *Pieris brassicæ* les rayons Röntgen sont un facteur d'albinisme partiel, tandis qu'ils constituent, au contraire, pour *Vanessa urticæ* un facteur de mélanisme partiel. En outre, les variations de cette dernière espèce sont identiques à quelques unes de celles obtenues par la chaleur et le froid, et se rapprochent, par certains caractères, de celles obtenues sous l'action de l'humidité, de la nourriture des chenilles et de l'intensité lumineuse.

M. von Linden (1905, 92), par contre, a recherché l'influence des rayons radioactifs sur les chenilles et les chrysalides de *Vanessa urticæ;* mais, sous le rapport de la variation des Papillons, ses résultats n'ont pas été concluants.

H. — Influences mécaniques diverses.

Nous relaterons ici quelques expériences qui montrent que les Lépidoptères, à l'état de chenille et de chrysalide, réagissent parfois, pour produire des adultes aberrants, vis-à-vis de phénomènes qui ne font pas partie des conditions du milieu.

Trépidation. — A. Weismann (1875, 186), ayant voyagé en chemin de fer pendant 7 h. de temps avec des chenilles de *Pieris napi* génération d'été, dont plusieurs se chrysalidèrent pendant le voyage, fut très étonné de voir que les Papillons qui éclorent de ces chrysalides appartenaient à la forme d'hiver; cela montre que la trépidation peut avoir la même influence que le froid.

Ligature des chrysalides. — C. Frings (1897, 46) attacha par le milieu du corps au moyen d'un fil de soie des chrysalides fraîchement formées de *Vanessa atalanta.* Au moment de l'éclosion, il constata que l'extrémité proximale des ailes, c'est-à-dire celle dont les nervures n'avaient pas été obstruées par la pression du fil, était seule intacte, tandis qu'au contraire, l'extrémité distale était dépourvue d'écailles.

F. Urech (1897, 177 et 1899, 182), encore avec *Vanessa urticæ,* fit des expériences analogues à celles de Frings. La ligature des jeunes pupes détermina un changement de coloration dans la partie distale de l'aile, la portion proximale gardant la coloration ordinaire. Ces modifications ne portèrent pas sur les taches noires, mais les lunules bleues disparurent partiellement, envahies par le noir de la bordure; le jaune, de même que le jaune rouge, devinrent plus foncés.

De notre côté, nous avons entrepris quelques expériences avec *Vanessa urticæ,* en couchant des chrysalides sur le côté et en comprimant leurs fourreaux alaires au moyen d'une bandelette de papier tendue. Les résultats ont été négatifs. Cependant une chrysalide du même Papillon posée sur une table et ayant reçu une assez forte pression de la part d'un objet lui étant tombé dessus, donna naissance à un adulte dont les lunules bleues du côté gauche ont complètement disparu et dont la bande noire a pris un aspect grisâtre, trouble, avec quelques reflets métalliques.

Mouvement de rotation. — E. Fischer (1896, 39) soumit tous les jours durant 5 minutes des chrysalides de *Vanessa urticæ, Vanessa polychloros, Vanessa antiopa,* etc. à un mouvement de rotation. Pour ce qui est de *Vanessa urticæ,* les lunules bleues furent fortement réduites ou disparurent même complètement. Avec *Vanessa polychloros,* l'auteur obtint de cette façon une réduction dans la taille des taches noires du centre de l'aile et des lunules bleues; mais deux chrysalides donnèrent, l'une une aberration voisine de l'ab. *testudo* et l'autre une ab. *testudo* typique.

Ces dernières expériences ne manquent pas d'intérêt puisqu'elles montrent que la disparition des lunules bleues causées par l'envahissement du noir de la bordure est le résultat de procédés d'une nature tout autre que ceux que nous avons étudiés dans les paragraphes précédents. En effet, cette disparition est encore produite par l'électricité, la lumière, la température, l'humidité et la nourriture des chenilles.

Conclusions relatives aux faits exposés dans ce chapitre.

Nous ne nous étonnerons plus maintenant qu'il n'y ait pas de régions du globe où les Lépidoptères mélanisants soient en plus grand nombre que les albinisants ou *vice versa,* puisque la plupart des facteurs qui composent le climat, pris isolément, produisent les mêmes effets touchant la variation de ces Insectes. Que ce soit sous l'influence de l'élévation ou de l'abaissement de la température, de l'humidité ou de la sécheresse, de la lumière ou de l'électricité, de la nourriture des chenilles ou d'un phénomène mécanique, les Lépidoptères varient de la même façon, c'est-à-dire selon *la loi du mélanisme et de l'albinisme des parties de l'aile.*

Or les divers facteurs dont nous venons d'étudier les effets, sauf peut-être ceux purement mécaniques, se retrouvent, avec plus ou moins d'intensité, dans toutes les régions de la terre, partout où l'on rencontre des aberrations. Pourquoi, par exemple, les formes aberrantes, albinisantes et mélanisantes, des Alpes sont souvent les mêmes que celles de la plaine? Pourquoi certaines formes méridionales, appartenant aux deux types de coloration, se trouvent-elles également dans les régions septentrionales? Et pourquoi enfin, au milieu de ces formes modifiées, le type vole-t-il souvent en tout aussi grande abondance?

C'est que ce n'est pas contre le milieu lui-même que réagissent les Lépidoptères, mais contre le *changement de milieu.* Supposons une espèce vivant dans une région où la température est excessivement élevée (40° par exemple); on conçoit que cette espèce ne se modifiera pas si ses chrysalides sont placées dans une étuve chauffée à cette température; il n'y a que les individus pour lesquels 40° est anormal qui réagiront, c'est-à-dire ceux qui passent d'une température moyenne *qui est habituelle à leur espèce* dans une autre plus élevée. Nous pouvons faire la même supposition pour le froid et pour tous les autres facteurs de l'ambiance.

Depuis tant de générations que les Papillons vivent dans les mêmes localités, ils ont pu s'adapter à tous les facteurs de leur climat. D'autre part, les conditions climatiques ont pu se modifier et beaucoup d'espèces ont dû émigrer alors dans des localités plus avantageuses pour elles. C'est à ce moment que ces émigrés se sont trouvés en présence de conditions nouvelles auxquelles ils ont dû s'adapter; cette adaptation, si elle ne les a pas anéantis, s'est vraisemblablement traduite par des modifications dans la couleur et dans l'arrangement des dessins de leurs ailes. Mais les descendants de ces émigrés ont-ils continué à se modifier, à chaque génération, par le fait de ces conditions nouvelles ou bien ont-ils fini par s'y accoutumer de telle façon à ne plus en subir les effets? Les résultats de quelques expériences

semblent montrer que, dans certains cas du moins, les choses se sont passées de cette dernière façon.

Nous avons montré, en effet (1903, 122; 1904, 124 et 1905, 126), en ce qui concerne l'humidité, l'exactitude de cette adaptation au milieu. Les *Vanessa urticæ, Vanessa io, Vanessa polychloros* et *Ocneria dispar* des environs de Genève se modifient facilement, lorsque leurs chenilles et leurs chrysalides sont placées dans un milieu anormalement humide. Les chenilles et les chrysalides de ces mêmes espèces, mais prises dans les montagnes, là où elles sont fréquemment couvertes ou environnées de gouttelettes provenant de la condensation des brouillards, que l'on sait être fréquents dans les Alpes, ne réagissent pas, dans les expériences pratiquées de la même façon, contre l'influence de l'humidité. Que penser de cela, si ce n'est que les individus des montagnes se sont accoutumés, à la longue, à l'humidité? Et ce que nous pouvons dire de l'accoutumance à ce facteur est exact également pour l'accoutumance des chenilles au changement de leur régime alimentaire, ainsi que nous l'avons démontré pour un petit nombre d'espèces (1905, 126 et 1906, 127). Vraisemblablement il doit en être de même pour la température, la sécheresse, etc.

M. Standfuss (1895, 161), M. von Linden (1902, 85), E. Fischer (1901, 41) et d'autres, ont démontré que les caractères acquis sous l'influence des températures anormales sont héréditaires pour les individus de la génération suivante. Mais leurs recherches n'ont pas dépassé la deuxième génération, tandis que, dans nos expériences d'alimentation avec *Ocneria dispar*, nous avons vu, qu'après *quatre générations*, les caractères de l'espèce reprennent le dessus malgré la continuation de l'expérience, tandis que les caractères nouvellement acquis disparaissent. Cela semble donc montrer que le facteur qui modifie la coloration des Papillons agit surtout lorsqu'il constitue, pour une espèce donnée, un facteur nouveau. Aux générations suivantes, les individus s'adaptant au changement cessent d'en être modifiés. Cependant, si cette hypothèse se confirmait d'une façon générale, la variation des Papillons serait excessivement réduite, ce qui n'est pas le cas. Il faut donc admettre que, parmi les multiples espèces de l'ordre des Lépidoptères, il y en a qui sont aptes à l'accoutumance, et d'autres qui, peut-être par le fait de leur phylogénie plus ancienne, ont perdu cette disposition. Il est vrai qu'une grande complexité réside dans ces phénomènes d'adaptations héréditaires et que les modes suivis par certaines espèces peuvent fort bien ne pas être ceux d'autres espèces.

Le changement de milieu, tel qu'il se pratique dans les expériences, peut très bien se présenter à l'état naturel et modifier les Papillons de la même façon que dans les laboratoires. En ce qui concerne la température, M. Standfuss (1900, 167) explique comment les plus fortes variations des Papillons peuvent se produire naturellement dans les localités où la température n'est pas généralement élevée.

L'exposé que nous avons fait des expériences pratiquées jusqu'à ce jour montre que les aberrations les plus accentuées, telles que les ab. *polaris*, ab. *ichnusoïdes*, etc., etc., sont surtout produites par l'élévation ou l'abaissement de la température; les autres facteurs de l'ambiance ne produisent guère que des aberrations de moindre importance. Mais ce sont précisément ces dernières qui existent le plus abondamment à l'état naturel, et que l'on voit surtout voler aux côtés d'individus non modifiés, dans n'importe quelle région montagneuse ou de la plaine, septentrionale ou méridionale, où les différents facteurs du climat peuvent agir sur eux. Or, comme nous avons vu que chaque facteur du climat, pris isolément, produit les mêmes variations, et que celles-ci se forment toujours selon la loi que nous avons indiquée, cela suffit pour nous montrer pourquoi l'*albinisme et le mélanisme des Lépidoptères n'ont pas de patrie déterminée.*

Pour expliquer cette similitude de réaction des Lépidoptères contre les différents facteurs auxquels ils sont soumis, un grand nombre de théories ont été émises, parmi lesquelles quelques-unes sont fort séduisantes. Nous ne nous arrêterons pas à les discuter, car, au point de vue qui nous intéresse plus spécialement, elles n'ont guère de portée pratique, et nous renverrons au travail de P. Bachmetjew (1907, 4) qui passe en revue ces théories, ceux qui voudraient les connaître. Les plus vraisemblables peuvent, du reste, se résumer de la façon suivante :

Les Lépidoptères, avons-nous vu, se modifient dans deux directions seulement et, pour atteindre le mélanisme absolu ou l'albinisme complet, passent par tous les degrés de coloration ou de décoloration; ces modifications de couleur ont leur origine dans la pupe sous l'influence de tel agent extérieur anormal qu'elle rencontre. Une fois les ailes formées dans la chrysalide, la pigmentation s'arrête à un certain stade et, suivant le degré d'évolution que le pigment a atteint à ce moment, le Papillon éclôt avec des caractères mélanisants (évolution des couleurs poussée plus loin) ou albinisants (évolution des couleurs poussée moins loin). Voilà pour la pigmentation.

En ce qui concerne le fait que la plupart des agents extérieurs produisent les mêmes effets, nous devons penser que, parmi les individus de chaque espèce, tous ne sont pas sujets à varier avec la même intensité; il en existe même qui ne sont pas doués de ce pouvoir. Mais, parmi ceux qui sont aptes à varier, c'est-à-dire qui sont *en permanence dans un état physiologique que la moindre rupture d'équilibre peut modifier*, il suffit d'un excitant, d'un déterminant pour que cette rupture se produise. Cet excitant n'est autre que le facteur anormal, *quel qu'il soit;* il réside dans le fait que les individus en question, à un certain moment de leur ontogénie où ils sont plus sensibles, ont passé du milieu qui leur convenait dans celui qui ne leur convient plus.

DEUXIÈME PARTIE

LE MÉLANISME ET L'ALBINISME DES LÉPIDOPTÈRES D'APRÈS LES RECHERCHES PERSONNELLES

CHAPITRE PREMIER

Recherches expérimentales sur la coloration des ailes des Papillons.

Nous avons vu que les couleurs des Papillons sont de deux sortes, pigmentaires et optiques. Les couleurs dues au phénomène optique sont produites par des écailles vides, ou remplies de gaz, et qui possèdent une structure striée; c'est ce dispositif qui décompose les radiations lumineuses. Les recherches microscopiques des auteurs sur ces écailles, dont nous avons mentionné les résultats au commencement de cette étude, sont d'accord sur ce point que la structure striée joue le rôle principal dans le phénomène. Le rôle de l'écran sous-jacent n'est cependant pas moins certain.

Les couleurs pigmentaires sont dues au fait qu'une matière colorante se trouve dans les écailles et leur donne ainsi leur couleur. Mais ces dernières ont-elles une structure spéciale différente de celle des écailles optiques? Morphologiquement les deux sortes sont construites absolument sur le même schéma.

Il est facile, en effet, de se rendre compte que toutes les écailles pigmentaires sont striées de la même façon que les optiques. Détachons par exemple quelques écailles des lunules bleues (optiques) et des parties rouges ou noires (pigmentaires) de *Vanessa urticæ* et examinons-les sous le microscope en préparation sèche; aucune différence de structure, entre les unes et les autres, ne sera apparente, même à un fort grossissement. De même pour les écaillles bleues des *Lycæna* mâles et les brunes des *Lycæna* femelles. Nous nous sommes rendu compte de cette similitude entre les deux sortes d'écailles par l'examen d'un grand nombre d'individus appartenant à presque tous les groupes.

Disons, en passant, que l'examen de ces minimes éléments de l'aile est assez difficile à faire. La méthode des coupes est presque impraticable. On sait, en effet, que pour l'utiliser dans l'étude histologique des Insectes il est nécessaire de dissoudre préalablement la chitine, par exemple au moyen de l'eau de Javelle. Mais

détruire la chitine des écailles pour les débiter en coupes minces, c'est précisément détruire ce que l'on a intérêt à conserver intact. Nous avons cependant essayé de pratiquer des coupes à travers les ailes, sans leur faire subir le traitement à l'eau de Javelle. Mais, par ce moyen, les écailles furent si malmenées par le rasoir, la couche chitineuse fut si détériorée, que l'examen de ces coupes perdit beaucoup de sa valeur. Cependant, ce procédé nous a confirmé que les stries des écailles à pigment sont constituées comme celles des écailles optiques.

C'est surtout l'examen microscopique des écailles détachées de l'aile, montées en préparations sèches ou au baume de Canada, qui montre bien cette similitude de conformation morphologique. En effet, une écaille peu chargée de pigment n'est pas assez opaque pour arrêter complètement les rayons lumineux transmis par le miroir et pour qu'on ne puisse en observer minutieusement les moindres détails à un grossissement de 500 diamètres.

Une écaille bleue de *Lycæna* ou de *Vanessa* est étudiée au microscope, à la lumière transmise par le miroir, c'est-à-dire qui en éclaire la face inférieure, tandis qu'elle laisse dans l'ombre la face supérieure, la seule que l'on aperçoive au travers de l'objectif; de cette façon l'écaille apparaît *grise*. Une écaille pigmentaire de n'importe quelle autre couleur, examinée de la même façon, apparaît grise également; le pigment qui contient cette dernière la rend suffisamment opaque pour arrêter les rayons lumineux transmis par le miroir; la face supérieure apparaît grise, parceque privée de lumière [1].

On peut ainsi fort bien se rendre compte de l'existence et de la disposition des stries; elles sont rapprochées, parallèles et dirigées selon le grand axe de l'écaille; elles sont en relief et séparées les unes des autres par une rainure; la disposition en relief est rendue apparente par le fait que, sur le microscope et à la lumière directe, chaque strie provoque à l'un de ses côtés une ombre portée qui en accentue le relief. En second lieu, lorsque le grand axe de l'écaille est situé dans la même direction que celle des rayons lumineux, les rainures sont inondées de lumière et leur existence se dénote ainsi sans qu'il soit permis d'en douter. Les stries, examinées à un grossissement de 500 diamètres, se montrent, en outre, comme légèrement guillochées sur toute leur longueur.

L'étude de la couleur des écailles ne se fait pas plus aisément que l'étude de leur structure. En effet, leur couleur, par le fait de l'opacité de la matière colorante, n'est pas appréciable au microscope à la lumière transmise; elle n'apparaît ainsi que sous forme d'une masse grisâtre, diffuse, qui remplit tout ou partie de la cavité.

[1] Cela laisse supposer qu'il existe un pigment dans les écailles bleues; c'est, en effet, à ces conclusions que nous sommes arrivé dans nos recherches sur l'origine de la couleur bleue chez les Lépidoptères (1910, 133).

Cette teinte grise provient de ce que le pigment rend l'écaille plus ou moins opaque et arrête les rayons transmis par le miroir; la face de l'écaille qui est seule visible au travers de l'objectif se trouvant dans l'ombre paraît grise quelque soit sa couleur. Si l'on examine de cette façon les écailles d'une espèce peu colorée, telle que *Leucophasia sinapis*, on remarque qu'elles sont presque transparentes et que c'est à peine si leur extrémité distale est pigmentée. Des écailles *noires* de *Pieris rapæ* montrent par le même procédé qu'elles contiennent du pigment abondant qui est répandu dans presque toute leur cavité. Les écailles de n'importe quelle espèce et de n'importe quelle couleur, examinées à la lumière transmise, laissent voir, en gris plus ou moins foncé, le pigment qu'elles contiennent, et l'on peut ainsi se rendre compte de son *existence*.

Nous voyons par là que les écailles contiennent un *pigment diffus* qui a coloré la chitine et que des granulations pigmentaires ne s'aperçoivent que très rarement. M. Bær (1898, 5) distingue chez les Insectes deux sortes de pigments : diffus et granuleux. Dans le premier cas, c'est la chitine de l'écaille qui est colorée par le pigment diffus; dans le second cas les granulations pigmentaires sont incrustées dans la chitine. *Vanessa urticæ*, les Pierides, *Papilio machaon* posséderaient un pigment diffus et *Rhodocera rhamni*, *Colias edusa*, un pigment granuleux. Quoi qu'il en soit, il est parfois assez difficile de faire la différence entre les deux catégories car, lorsque le pigment est très abondant, comme c'est le cas chez *Rhodocera rhamni* et aussi chez *Colias edusa*, l'écaille est si opaque qu'on ne peut que très difficilement l'examiner au microscope.

Pour apprécier la couleur du pigment, il faut employer un autre procédé. En effet, si nous tournons le miroir du microscope, de façon qu'il n'éclaire plus la face inférieure de l'écaille, mais que ce soit la face supérieure de celle-ci qui reçoive la lumière directement, c'est alors, seulement, que la couleur réelle est apparente. Les écailles optiques se montrent bleues, avec reflets métalliques; les pigmentaires montrent la couleur réelle du pigment qu'elles contiennent.

Cependant, les parties colorées en noir intense comportent des écailles qui sont parfois abondamment chargées de pigment. Celles-ci sont opaques, elles ne laissent passer aucun des rayons lumineux réfléchis par le miroir et paraissent noires, à la lumière transmise comme à la lumière directe. Quant aux écailles qui sont d'une autre couleur que le noir, ce n'est qu'à la lumière directe qu'on peut en observer la couleur. D'où une première constatation, c'est que *toutes les écailles ne contiennent pas la même quantité de matière colorante*.

Il y a lieu d'attacher une certaine importance à ce fait. En effet, au microscope et à la lumière directe, les écailles qui contiennent peu de pigment *décomposent les radiations lumineuses* et c'est à cela qu'il faut attribuer les reflets métalliques si fréquents chez les Papillons. Tandis qu'au contraire les écailles qui sont

surchargées de pigment perdent le pouvoir de décomposer les vibrations de la lumière et ne présentent plus que quelques reflets sans importance.

Parfois, le pigment est si rare dans les écailles que l'on a de la peine à se représenter qu'il puisse leur donner une coloration appréciable. Tel est le cas, par exemple, de *Leucophasia sinapis*. A la lumière transmise, les écailles de cette espèce qui ont été isolées sur un porte-objet se montrent comme étant presque vides, transparentes, sans coloration, tandis qu'elles n'apparaissent comme réellement blanches que si nous les examinons à la lumière directe; c'est alors que le phénomène optique que nous venons de mentionner est des mieux apparents. Lorsque l'écaille est orientée perpendiculairement à la direction de la lumière, elle réfléchit les rayons bleus avec intensité, surtout si le jour est clair. Nous faisons alors subir au porte-objet un mouvement de rotation, de façon que l'écaille varie son orientation vis-à-vis des rayons lumineux et nous remarquons que, suivant la position donnée, toutes les couleurs spectrales apparaissent les unes après les autres.

Chez *Pieris rapæ,* ou *Pieris brassicæ,* les écailles sont un peu plus pigmentées que celles de *Leucophasia sinapis;* mais cela ne les empêche pas de décomposer également les radiations de la lumière, quoique avec moins d'intensité; le même phénomène a lieu, avec plus ou moins de vigueur, pour les écailles de tous les Papillons dont les écailles ne sont pas trop opaques.

On rencontre souvent des écailles à peu près vides à leur extrémité proximale, mais opaques à leur extrémité distale; c'est le cas d'une foule d'espèces et, chez les Bombyx, de certaines écailles allongées. C'est le cas, encore, d'écailles qui, habituellement opaques, ne possèdent pas, par suite vraisemblement d'une atrophie de leur canal, la matière colorante en dose voulue. Or ces écailles ne reproduisent le phénomène optique qu'à leur extrémité transparente.

Pour mettre encore en évidence la quantité de pigment qui se trouve dans les écailles, nous avons employé à maintes reprises un procédé qui nous a rendu de grands services; il a cet avantage d'être fort simple. Employons-le, tout d'abord, avec les écailles de *Leucophasia sinapis.*

Nous plaçons deux écailles blanches l'une sur l'autre, de façon qu'elles forment un ensemble plus opaque; ces deux écailles ainsi superposées ont, en effet, une plus grande épaisseur et offrent aux rayons lumineux une plus grande quantité de pigment amassé sur une même surface. L'image produite de cette façon se montre, à la lumière directe, comme beaucoup plus blanche que lorsque les écailles sont examinées séparément; en outre, l'écaille de dessus décompose les vibrations lumineuses avec moins d'intensité qu'elle ne l'aurait fait si elle avait été isolée. Superposons trois écailles et l'image ainsi produite est opaque, d'un blanc très intense et ne reproduit plus le phénomène optique.

Ce procédé nous a permis de déceler la présence d'un pigment si peu abondant que l'examen microscopique d'une seule écaille ne pouvait l'indiquer. C'est principalement avec les écailles des taches blanches du dessous des ailes de certains *Melitæa* que cette constatation a été faite. Ces écailles, détachées de l'aile, paraissent comme n'ayant pas de pigment tant qu'elles sont isolées sur le porte-objet; mais si l'on place deux d'entre elles l'une sur l'autre, l'image reproduite de cette façon est légèrement jaunâtre; la figure formée par la superposition de trois écailles se montre avec une coloration nettement fauve, de la même teinte que les taches réellement fauves avoisinantes. Deux écailles de cette dernière tache superposées donnent une image fauve plus foncée, de la même couleur que les taches fauves du dessus de l'aile. Enfin, après avoir placé, l'une sur l'autre, deux écailles de ces taches fauves foncées, on obtient une figure d'un brun foncé, presqu'aussi intense que le brun des taches brunes de la face supérieure.

Dans d'autres cas, ce procédé nous a permis de reconnaître la couleur exacte de plusieurs écailles à coloration peu accentuée, tels que les tons jaunes (*Papilio machaon, Papilio podalirius,* dessous de *Pieris rapæ,* de *Pieris brassicæ,* d'*Antocharis cardamines,* etc.). Nous nous sommes encore rendu compte, de cette façon, que les tons fauves sont, en général, plus pigmentés, partant plus opaques que les jaunes; à mesure que la couleur devient plus foncée, l'opacité augmente et également la quantité de pigment et à mesure que s'obscursit l'écaille le phénomène optique diminue d'intensité. Chez les *Erebia,* le pigment brun est très abondant; mais, malgré cela, l'écaille n'apparaît pas noire et la superposition de deux de ces écailles donne toujours une image brune. Un cas fréquent chez certaines espèces est celui d'écailles à forte dose de pigment qui possèdent deux ou trois petits filets transparents; ceux-ci décomposent la lumière. Enfin, dans les parties les plus foncées de certaines espèces (taches noires de *Vanessa urticæ,* couleur du fond de *Vanessa io,* etc.) il se trouve toujours une ou deux écailles *anormalement vides* qui décomposent les vibrations lumineuses.

Nous voyons par ce qui précède que le *phénomène optique de décomposition des vibrations lumineuses est lié à la quantité de pigment qui colore les écailles et que ce phénomène croit d'intensité en raison inverse de la quantité de pigment.*

Les écailles des *Colias edusa* et *Colias hyale* contiennent un pigment jaune orange qui est très abondant. Malgré leur couleur pâle, ces écailles sont opaques et ne reproduisent pas le phénomène optique, mais elles présentent une irisation orange très marquée, avec reflets dorés. Que la lumière éclaire le dessus ou bien le dessous de la préparation, ces écailles se montrent avec la même couleur. D'autre part, si on en superpose deux, la couleur n'est pas non plus modifiée. Nous voyons

par là que, dans quelques cas, l'opacité de l'écaille peut être produite par la présence d'un pigment clair, vraisemblablement granuleux, quoique peu abondant.

Ce que nous venons de voir se rapporte aux écailles détachées de l'aile et étudiées isolément au microscope. C'est de cette façon qu'elles décomposent les vibrations lumineuses. Pourquoi ces mêmes écailles ne les décomposent-elles pas lorsqu'elles sont en place sur les ailes?

Reprenons notre exemple de *Leucophasia sinapis* et examinons-en les ailes au microscope. Les écailles sont assemblées, sur ces ailes, en rangées régulières qui chevauchent les unes sur les autres; il résulte de cette disposition que la moitié proximale, transparente, de chaque écaille, c'est-à-dire la partie qui décompose la lumière, est cachée par l'extrémité distale, pigmentée, de l'écaille voisine. Il n'y a donc que la partie pigmentée qui soit apparente. En second lieu, on sait que chacune des deux faces des ailes des Papillons comportent des écailles. Cette disposition correspond en somme à la superposition de deux écailles et nous avons vu que, dans ce cas, la lumière est moins, ou n'est pas décomposée.

Chez certaines espèces, on peut remarquer encore un phénomène qui contribue, en une certaine mesure, à empêcher que la décomposition de la lumière se produise sur les ailes entières, malgré que les écailles soient peu colorées; ce phénomène est très apparent chez *Pieris rapæ*, *Pieris brassicæ*, *Leucophasia sinapis* et un grand nombre d'espèces à nuance claire. Lorsqu'on examine leurs ailes entières au microscope, on voit que la base de chaque écaille est plus foncée que le reste; chez les Pierides, cette base est grisâtre. Or, cette différence de teinte est due à une illusion d'optique et n'est autre que l'ombre portée d'une écaille sur sa voisine; il y a toujours, entre elles, un petit espace, suffisant pour délimiter une ombre de cette nature. Du reste cette différence de teinte n'est apparente que lorsque l'aile est orientée d'une certaine façon par rapport à la lumière; si on tourne l'aile dans le sens opposé, l'ombre disparait. La partie de l'écaille qui est susceptible de décomposer les vibrations lumineuses recevant peu de lumière, ce phénomène ne peut se produire.

Cependant il existe plusieurs cas où la lumière est légèrement décomposée par les écailles sur les ailes entières des Papillons. Nous ne parlerons pas des *Apaturides;* mais on observe souvent que les ailes des Papillons montrent des irisations qui, sans reproduire toutes les couleurs spectrales, n'en sont pas moins très remarquables. L'éclat métallique de plusieurs *Erebia*, par exemple, provient du fait que, parmi leurs écailles, il s'en trouve une certaine quantité qui sont peu chargées de pigment et qui décomposent un peu la lumière. Mais comme elles sont relativement peu nombreuses, et disséminées sur un assez grand espace, cela se

traduit seulement par la reproduction d'un éclat métallique spécial. Les irisations d'*Erebia glacialis* sont d'un autre ordre; il en est de même des reflets irisés de certaines femelles d'*Argynnis*. Chez ces dernières espèces, on aperçoit nettement les couleurs spectrales suivant l'orientation que l'on donne au Papillon. Là, le phénomène de décomposition de la lumière est positif sur les ailes entières. Mais la disposition des écailles est, ici, différente qu'ailleurs.

Examinons, sous ce rapport, une femelle d'*Argynnis aglaja*[1] dont les quatre ailes montrent une irisation bleuâtre très particulière qui disparaît suivant l'orientation donnée à l'aile. Les parties fauves sont constituées comme dans la plupart des Papillons, avec leurs écailles arrangées comme les tuiles sur un toit. Mais un grand nombre de ces écailles sont incolores ou à peu près. Ces parties fauves se trouvent donc parsemées d'une quantité d'éléments décomposant les radiations de la lumière. Quant aux parties noires, leurs écailles sont fortement pigmentées; mais, *au-dessus d'elles*, on remarque un certain nombre de grosses écailles incolores, transparentes, qui décomposent la lumière sans amoindrir la couleur noire des écailles sous-jacentes.

Nous devons donc reconnaître que, parmi les Papillons, les ailes entières ne décomposent généralement pas les rayons lumineux et que cela tient principalement au fait que leurs écailles sont trop chargées de pigment pour mettre en vigueur ce phénomène; dans le cas où les écailles sont transparentes à leur partie proximale, celle-ci se trouve cachée par l'écaille voisine. La superposition des deux faces de l'aile joue aussi un rôle dans ce domaine.

Il convient maintenant, pour étudier le rôle du phénomène optique, de débarrasser les écailles de leurs pigments. Nous y sommes arrivé facilement sur des ailes entières d'une quantité de Papillons appartenant à presque tous les groupes de cet ordre.

La méthode que nous avons employée pour débarrasser les ailes de leur matière colorante est des plus simples[2]; elle consiste à plonger l'aile dans une éprouvette contenant de la potasse caustique et à chauffer celle-ci au bain-marie à 95°. De cette façon on arrive à extraire assez facilement le pigment des écailles et à rendre les ailes plus ou moins transparentes suivant la durée de l'action de la potasse et suivant la nature du pigment.

Dès que l'aile se trouve en contact avec le liquide, une matière brune floconneuse s'en détache et vient s'amasser au fond de l'éprouvette. Cette matière ne se

[1] Cet exemplaire nous a été obligeamment prêté par M. d'Auriol auquel nous adressons nos remerciements.

[2] Nous avons encore obtenu de bons résultats, quoique moins rapides, au moyen de la potasse caustique à froid, de l'ammoniaque et de l'acide sulfurique. L'acide acétique, le xylène, tous deux à chaud, et l'éther ne dissolvent pas, ou presque pas, le pigment des Papillons.

compose pas seulement du pigment extrait, mais encore d'une quantité d'impuretés qui se trouvent dans les ailes et peut-être aussi d'un reste d'hémolymphe. Pour faire l'étude du pigment lui-même, il serait donc préférable de détacher les écailles de même couleur pour les placer dans l'éprouvette. Mais nous ne voulons pas, pour le moment, étudier la composition chimique de ces pigments; il nous suffit simplement de savoir ce que deviendra une aile de Papillon une fois qu'elle aura été débarrassée de sa matière colorante.

En premier lieu, ces expériences confirment un des points que nous avons énoncés précédemment, à savoir que *les couleurs claires sont le plus souvent formées par des écailles qui contiennent moins de pigment que les couleurs foncées.* En effet, certaines couleurs se dissolvent plus rapidement que d'autres et l'expérience montre que ce sont précisément les parties claires qui se vident le plus facilement. Ainsi une Piéride devient, par l'action de la potasse caustique à chaud, absolument transparente de façon à ce qu'on puisse lire au travers, en très peu de temps (demi-heure environ); tandis que, pour obtenir le même résultat avec les parties noires de cette Piéride, il faut un temps double; pour décolorer les dessins noirs des Vanesses, il faut prolonger le traitement jusqu'à 9 et 14 heures. Or, nous avons vu précédemment que les écailles blanches des *Pieris* contiennent peu de pigment et que les écailles noires des *Vanessa* en sont surchargées. Il faut 2 à 3 heures pour décolorer les ailes des *Erebia;* pour la bande fauve des individus de ce genre, le temps nécessaire pour la débarrasser de sa matière colorante est moindre. On voit qu'il y a une corrélation entre le degré de coloration des différentes parties et la rapidité avec laquelle celles-ci deviennent transparentes. Le tableau suivant, en même temps qu'il donne la liste des espèces étudiées, montrera cette corrélation :

DÉCOLORATION DES AILES DE DIVERS PAPILLONS
AU MOYEN DE LA POTASSE CAUSTIQUE CHAUFFÉE A 95 .

Durée nécessaire pour rendre l'aile transparente.

ESPECE	COULEUR DU FOND	DESSINS
	Heure	Heure
Pieris brassicæ	1	3
» *rapæ* ♂ et ♀	1	2 1/2
» *manni*	1	2
» *napi* ♂ et ♀	1	2 1/2
Leucophasia sinapis	1/2	1
Aporia crataegi	1	
Rhodocera rhamni	1	—
Colias edusa ♂ et ♀	1	3
» *hyale* ♂ et ♀	1	3
Vanessa urticæ	2	9
» *io*	2 1/2	12
» *atalanta*	2	14
» *levana*	1 1/2	5
Lycæna icarus ♂	1	2
» » ♀	2	4
» *corydon* ♂	1	2
» » ♀	2	4
» *bellargus* ♂	1	2
» » ♀	2	4
» *semiargus* ♂	1	2
» » ♀	2	4
Melitæa athalia	1 1/2	3
» *parthenie.*	1 1/2	3
Argynnis dia	1	3
Erebia æthiops	2	5
Arge galathea	1 1/2	4
Epinephele hyperanthus	2	4
» *janira*	1	4
Cœnonympha pamphilus	1 1/2	
Zygæna transalpina	2	6
Ocneria dispar ♂	2	3
» » ♀	1 1/2	3
Lasiocampa quercus ♂	3	7
Bombyx neustria ♀	1	2 1/2
Saturnia pavonia ♀	2	—
Plusia gamma	1	1 1/2
Brotolomia meticulosa	1	2
Caradrina quadripunctata	1/2	1 1/2
Agrotis cuprea	1 1/2	2 1/2
Abraxas grossulariata	1	3
Ematurga atomaria	1	1 1/2

Ce tableau nous montre que la décoloration des ailes au moyen de la potasse caustique à chaud se fait avec une rapidité d'autant plus forte que le pigment est peu abondant, c'est-à-dire que l'aile est plus claire.

Une fois que les ailes ont été décolorées d'après le procédé que nous venons d'indiquer, nous les lavons à l'eau, puis à l'alcool; nous les étalons sur un porte-objet où elles ne tardent pas à se sécher. Il faut attendre que la dessiccation soit complète avant de se livrer à un examen quelconque. En effet, les ailes entières rendues humides par un liquide (eau, alcool, xylène, etc.) ou en préparation au baume de Canada, jouissent, tant qu'elles sont humides, du pouvoir de décomposer les radiations de la lumière.

Les ailes dépigmentées, une fois sèches, sont examinées au microscope; la transparence qu'elles ont acquise facilite cet examen. Nous remarquons alors que les écailles se sont un peu aplaties, ce qui se conçoit du reste, mais que leur forme et leur position sur l'aile les unes par rapport aux autres n'ont pas été modifiées; il en est de même des stries qui sont restées intactes et n'ont été ni déformées, ni altérées.

Nous avons cherché à obtenir des décolorations absolues; la chose est facile, ainsi que nous l'avons déjà dit, pour certaines espèces peu pigmentées, telles que les *Pieris*, les *Rhodocera rhamni*, les *Colias*, etc. Les ailes de ces espèces deviennent si transparentes qu'on peut parfaitement lire au travers; les nervures seules sont restées un peu opaques. Mais chez les *Vanessa*, les *Melitæa*, les *Argynnis*, les *Lycæna*, etc., les taches noires conservent toujours un peu de pigment, à moins qu'on ne pousse très loin la dissolution.

Ayant constaté que les stries n'ont pas été modifiées, nous examinons les ailes décolorées, par transparence, à la lumière du jour ou à la lumière artificielle, en ayant soin de les incliner légèrement. La première chose qui frappe, dans cet examen, c'est que les ailes décolorées des Rhopalocères *décomposent toutes activement les radiations lumineuses;* et c'est principalement les ailes qui sont devenues si transparentes qu'elles peuvent rivaliser, sous ce rapport, avec une plaque de verre, qui montrent avec le plus d'intensité les couleurs spectrales. Ajoutons que le phénomène se présente mieux au soleil qu'à la lumière diffuse ou à la lumière artificielle.

Toutes les espèces dont la liste figure au tableau page 157, se comportent, une fois que leurs ailes ont été décolorées, de la façon que nous venons de dire. Les Rhopalocères, surtout, décomposent merveilleusement les rayons lumineux. Quant à certains Hétérocères, le phénomène optique est masqué par l'abondance des poils qui recouvrent les ailes, ainsi que nous le verrons plus loin.

Ce procédé de décoloration des ailes met encore en évidence un phénomène optique curieux qui mérite d'être connu. Quoique ce phénomène soit assez étrange, nous n'hésitons pas à en dire quelques mots.

Examinons une aile en partie décolorée de *Vanessa urticæ* dont les taches noires ont seules conservé du pigment et dont tout le reste est devenu transparent. Les parties transparentes décomposent, comme nous le savons, la lumière. Quant aux parties noires, elles se montrent avec des reflets métalliques *rouge brun*, dorés au pourtour des taches. Et le même phénomène se reproduit encore pour d'autres espèces, notamment parmi les *Erebia*, et pour les taches noires des *Pieris*, des *Melitæa*, des *Argynnis*, etc. Si nous examinons maintenant des ailes de ces mêmes espèces, mais que l'on a, volontairement, peu décolorées, le phénomène en question ne se reproduit plus aux parties noires.

En résumé, les parties noires, complètement décolorées, décomposent les vibrations lumineuses; les mêmes parties, ayant conservé passablement de pigment, ne reproduisent plus ce phénomène et, lorsqu'elles conservent leur pigment en quantité moyenne, elles se montrent avec des reflets métalliques rouge brun, dorés, très appréciables. En outre, le pigment de ces écailles ne semble plus être diffus, mais granuleux; c'est du moins, nous semble-t-il, le résultat de l'examen microscopique de ces parties. Ce qu'il y a surtout lieu de retenir, c'est que, modifiées dans leur structure pigmentaire par le traitement à la potasse caustique, les taches noires réfléchissent la lumière rouge. N'y aurait-il pas là, grâce au fait que le pigment est devenu granuleux, une sorte de *sélection* opérée parmi celles des radiations lumineuses qui sont décomposées? Les rayons rouges ainsi *sélectionnés* agiraient avec le noir de la tache pour former ces reflets métalliques brun rouge.

Quoiqu'il en soit, on se rend compte que la couleur réelle des Papillons peut être, parfois, modifiée par des jeux de lumière, dès que le pigment n'est plus assez abondant dans l'écaille pour rendre celle-ci opaque. Nous aurons du reste à signaler plus loin quelques cas qui montrent que la *sélection* ainsi formée joue un rôle dans la production de l'albinisme et du mélanisme.

Le mécanisme de la reproduction, par les ailes décolorées, des couleurs spectrales est-il réellement dû à la présence des nombreuses stries qui tapissent la surface des écailles et à la transparence des écailles elles-mêmes?

Pour résoudre cette question, nous décolorons les ailes de plusieurs espèces au moyen de l'acide sulfurique fort; le pigment s'extrait facilement, les ailes deviennent transparentes et jouissent de la même propriété que précédemment. Mais si nous augmentons la durée d'action de l'acide sulfurique, celui-ci, après avoir extrait le pigment, attaque les stries et les efface; en sorte que, une fois lavées et séchées sur le porte-objet, les ailes possèdent des écailles transparentes et lisses

comme du verre. Or, ces ailes *ne décomposent plus les vibrations lumineuses.* Ce sont donc bien les stries des écailles qui jouent le seul rôle dans la production du phénomène optique dont nous venons de nous occuper [1].

On peut le prouver encore de la façon suivante : les ailes de plusieurs espèces de Rhopalocères sont décolorées complètement par le procédé à la potasse caustique qui, nous le savons, ne détériore pas les stries. Cela fait, ces ailes sont trempées dans différents colorants de façon à acquérir une couleur quelconque, mais tout en restant transparentes. Nous avons utilisé, comme colorants, la rosaniline, le brun de Bismarck, l'hämalun, une solution alcoolique d'encre de Chine, une solution alcoolique d'acide picrique, de l'encre bleue et de l'encre violette; tous donnent de bons résultats et l'on obtient, de cette façon, des ailes absolument transparentes, mais colorées en bleu, en brun, en rose, en violet ou en noir. Or, ainsi préparées et malgré leur transparence, ces ailes *ne décomposent plus la lumière,* sauf dans un ou deux cas où elles n'ont pas été suffisamment colorées.

D'où cela peut-il provenir? L'examen microscopique de ces ailes nous donne la solution du problème; en effet, nous voyons que le colorant s'est amassé tout particulièrement au sommet des stries; celles-ci, rendues un peu opaques, ont perdu par conséquent leur pouvoir de décomposer la lumière.

Les recherches que nous venons de décrire ont été pratiquées de la même façon sur des ailes de quelques *Lycæna,* dont les mâles, on s'en souvient, brillent d'un éclat métallique tout particulier. Les auteurs ont admis que la couleur bleue de ces mâles est due au phénomène optique. Si ces écailles étaient construites différemment de celles des Papillons à couleurs pigmentaires, cette différence devrait s'apercevoir en pratiquant sur les ailes bleues les mêmes méthodes que nous avons pratiquées sur les ailes pigmentées. Or, la décoloration des ailes des *Lycæna* au moyen de la potasse caustique, la destruction de leurs stries au moyen de l'acide sulfurique, la recoloration d'ailes décolorées au moyen de divers colorants, nous ont donné exactement les mêmes résultats et les mêmes indications que pour les ailes à pigment. En outre, l'examen microscopique des ailes des *Lycæna* décolorées nous a montré que leurs écailles sont identiques, quant à leur structure, à celles des Papillons à couleurs pigmentaires.

Les écailles des *Hétérocères* ont également été étudiées chez un certain nombre d'espèces appartenant aux principaux groupes de ce Sous-ordre. Elles varient un peu, quant à leur forme, de celles des Rhopalocères et, notamment, leurs dents sont souvent plus longues et plus acérées. Mais elles sont également ornées de stries en

[1] Au moyen de l'acide nitrique on peut obtenir le même résultat, quoique moins concluant, et effacer les stries des écailles. Mais, dans ce cas, les écailles et les membranes alaires se colorent en jaune, en sorte que le phénomène est modifié.

relief, longitudinales, légèrement guillochées, disposées sur la surface de l'écaille parallèlement les unes aux autres. Leur structure est donc la même que pour les Rhopalocères et l'examen d'un grand nombre de ces écailles nous amène encore à la conclusion que leur pouvoir de décomposer les radiations lumineuses croît en raison inverse de la quantité de pigment qu'elles contiennent.

Cependant les ailes des Hétérocères qui ont été décolorées par la potasse caustique (et dont la liste figure à la fin du tableau, page 157) ne décomposent pas, malgré la transparence acquise et le fait que les stries de leurs écailles sont restées intactes, les vibrations de la lumière. D'où peut bien provenir cette différence entre les ailes des Rhopalocères et celles des Hétérocères, alors que leur structure et le procédé employé sont les mêmes dans les deux cas ? Deux phénomènes sont la cause de cette différence.

En premier lieu, et principalement chez les Bombyciens, les ailes sont couvertes d'une abondante pilosité. Examinons au microscope une aile entière d'une femelle de *Lasiocampa quercus* et nous serons frappés de trouver, au-dessus de la couche normale des écailles, une couche compacte de poils plus ou moins allongés, qui prennent racine sur le champ de l'aile, aux côtés des écailles et qui s'élèvent légèrement au-dessus de celles-ci. Presque tous les Bombyciens possèdent, avec plus ou moins d'abondance, une pilosité semblable à celle qui vient d'être décrite. Si ces poils, sous l'influence de la potasse caustique, perdent leur pigment et deviennent transparents, ils ne sont nullement doués du pouvoir de décomposer la lumière, puisqu'ils sont cylindriques et ne possèdent pas de stries. Il résulte donc de ce dispositif spécial, que la couche d'écailles étant recouverte d'une couche de poils non striés, cette dernière empêche la production du phénomène optique.

La seconde raison explique surtout l'absence du phénomène optique chez les Noctuelles et les Géomètres; elle réside dans le fait que les écailles de ces Papillons ne sont pas aussi solidement implantées sur l'aile que chez les Rhopalocères. En effet, en examinant au microscope les ailes des Noctuelles et des Géomètres décolorées, on constate que la plus grande partie des écailles sont déplacées, souvent déformées ou plissées et qu'elles forment un enchevêtrement qui empêche certainement la décomposition des rayons lumineux.

Conclusions relatives aux faits exposés dans ce chapitre.

Nous concluons de ce qui précède que la division des couleurs des Papillons, ainsi qu'on l'admet généralement, en deux catégories, pigmentaires et optiques, n'est pas tout à fait exacte. En réalité, toutes les couleurs des Papillons, depuis les tons les plus pâles jusqu'aux plus foncés, depuis les bleus chatoyants jusqu'aux

violets irisés, *appartiennent à une seule et même catégorie*, celle des couleurs optiques, puisque *toutes sont susceptibles de décomposer la lumière*, et qu'elles sont toutes semblablement constituées. On se souviendra encore que les écailles peu pigmentées, une fois qu'elles sont détachées de l'aile, se présentent comme des écailles optiques et produisent les mêmes effets. Il n'y a que celles qui sont surchargées de pigment qui ne décomposent pas les rayons lumineux.

Ce n'est donc pas la constitution morphologique de ces minimes éléments de l'aile qui motiverait l'existence de deux catégories, puisque leur constitution est partout semblable. Il n'y a donc qu'une seule catégorie d'écailles, les écailles optiques; seulement, dans certains cas, le phénomène de décomposition des radiations lumineuses est masqué par l'abondance du pigment.

Nous pourrions fort bien nous représenter la chose en imaginant un prisme qui aurait été mâchuré de noir ou un miroir qui aurait été barbouillé de couleur: le premier ne décomposerait plus la lumière, le second ne la réfléchirait pas davantage.

Enfin, la plus grande partie des Rhopalocères et beaucoup d'Hétérocères présentent, sur leurs ailes intactes, quelque peu de reflets métalliques dont l'origine est due à la présence des stries sur chacune des écailles. Le phénomène optique est donc général avec plus ou moins d'intensité à tous les Lépidoptères, sauf cependant à ceux qui sont velus. Chez ceux-ci, les poils cylindriques et sans stries qui couvrent les écailles masquent les irisations qui devraient se produire, mais leurs écailles n'en sont pas moins optiques.

Il demeure donc établi que toutes les écailles, qu'elles soient colorées en rouge, en jaune, en blanc, en brun, en noir, jouissent de la faculté de décomposer les vibrations de la lumière, aussi bien que les bleues ou les violettes.

Nous conclurons encore et nous citerons d'autres exemples plus loin, que, par le fait de la constitution striée des écailles et du phénomène optique qui en résulte, *les pigments des Papillons n'apparaissent pas toujours avec leur couleur réelle.*

CHAPITRE II

Recherches expérimentales sur la variation par mélanisme et albinisme des parties.

Il nous reste maintenant à rechercher comment fonctionnent les écailles dans la production du mélanisme et de l'albinisme des parties, de même que dans toutes les nuances intermédiaires qui se rencontrent sur les ailes des Papillons, depuis les tons les plus clairs jusqu'aux plus foncés; il nous faudra également nous rendre compte de quelle façon sont formés les dessins. Pour cela, nous examinerons un certain nombre d'espèces et décrirons les expériences que nous avons pratiquées dans ce but.

Ce travail ayant principalement pour objet l'étude du mélanisme et de l'albinisme, nous commencerons par quelques-uns des Lépidoptères qui sont blancs et noirs; les Piérides, sous ce rapport, nous fourniront un excellent matériel. Nous ferons, avec quelques détails, l'examen de *Pieris rapæ*, qui servira, en outre, de modèle à nos autres recherches.

Pieris rapæ.

Examen du dessus des ailes. — Cette espèce est blanche et possède à l'aile supérieure une tache apicale noire et dans le champ de cette aile une autre tache noire chez le mâle, deux chez la femelle. Les contours de ces taches se fondent graduellement dans le blanc de l'aile de telle façon qu'elles se trouvent entourées d'une zone grisâtre. Les ailes inférieures sont blanches également, avec une petite tache noire, à contour diffus, au bord antérieur.

Nous avons donc à considérer trois nuances distinctes : le blanc du fond, le noir des taches et le gris qui sépare ces dernières du reste de l'aile. Vers le corps nous considérons encore la racine de l'aile qui est légèrement saupoudrée de grisâtre.

Les écailles noires et les blanches sont à peu près toutes construites sur le même type et ne présentent guère de variation que dans leur taille. Les unes, en

effet, sont un peu plus longues et étroites, les autres, au contraire, sont plus courtes et larges ; vers le corps et à la frange nous les trouvons plus allongées et, chez les mâles, nous remarquons en outre la présence des écailles androchoniales dont J. Reverdin (1909, 145) a décrit la structure spéciale.

Examen des écailles détachées des parties blanches. — 1° Au moyen d'une aiguille emmanchée nous détachons un certain nombre d'écailles des parties blanches et nous les plaçons, en préparation sèche, sur un porte-objet. Sous le microscope, à la lumière transmise par le miroir, ces écailles sont légèrement transparentes, surtout à leur extrémité proximale. Leur couleur est nettement grisâtre, principalement aux parties les plus pigmentées et il est facile de se rendre compte que cette couleur grisâtre provient du fait qu'il y a, dans ces écailles, un pigment, plutôt diffus que granuleux, qui arrête la lumière transmise par le miroir; il en résulte que la face qui est seule visible à travers l'objectif, étant dans l'ombre, se montre avec cette teinte. Cet examen nous révèle encore que l'extrémité distale de l'écaille est souvent plus opaque et contient par conséquent plus de pigment que l'extrémité proximale; dans certains cas, cette dernière extrémité est absolument transparente.

Si, maintenant, nous examinons ces mêmes écailles blanches à la lumière directe, éclairant leur face supérieure, nous constatons qu'elles se montrent avec une couleur blanche presque aussi pure que sur les ailes entières du Papillon; elles ont cependant des reflets irisés qui n'existent pas toujours sur les ailes intactes, et, suivant l'orientation qu'on donne à ces écailles par rapport à la direction de la lumière, elles présentent, alternativement, toutes les couleurs spectrales. Cela montre que, grâce à leur peu de pigment, elles décomposent les radiations lumineuses.

Parmi les écailles qui ont été placées sur le porte-objet, il s'en trouve parfois deux qui sont superposées; or cette superposition donne une figure beaucoup plus blanche que lorsqu'il ne s'agit que d'une seule écaille et, en outre, l'écaille de dessus décompose beaucoup moins les vibrations de la lumière. Nous en trouvons parfois trois qui sont ainsi superposées; dans ce cas, la supérieure ne donne presque plus lieu au phénomène optique.

Dès lors, nous nous rendons compte pourquoi les ailes des *Pieris rapæ* sont blanches, opaques, presque sans irisation, alors que leurs écailles, étudiées isolément, sont transparentes avec une forte irisation. Sur l'aile, les écailles dans leur position habituelle, sont serrées les unes contre les autres, en rangées régulières, la portion distale (opaque) chevauchant sur la portion proximale (transparente) de l'écaille de la rangée voisine; les extrémités transparentes, qui pourraient, sur l'aile

intacte, décomposer la lumière, sont donc cachées. En second lieu, la surface inférieure de l'aile contient également une couche d'écailles identique à celle de la face supérieure, ce qui produit le même effet que lorsque, dans l'examen microscopique, deux écailles détachées sont placées l'une sur l'autre. Ce qui précède nous montre encore que l'*existence d'un pigment blanc n'est pas douteuse.*

2° Nous décolorons les ailes de quatre *Pieris rapæ,* mâles et femelles, en les plaçant pendant un temps variable (1 à 2 h.) dans un bain de potasse caustique, chauffé lui-même au bain-marie à 95°. A mesure que les ailes se décolorent, un précipité jaunâtre, floconneux, se forme dans le bain de potasse ; c'est le contenu des écailles qui se déverse de cette façon. Les ailes, une fois décolorées, sont lavées à l'eau et étendues sur un porte-objet où elles ne tardent pas à se sécher. Suivant la durée de l'opération, les ailes de *Pieris rapæ* deviennent plus ou moins transparentes et celles qui ont séjourné pendant 2 h. dans la potasse le sont devenues à tel point que l'on peut lire au travers. Les parties noires se décolorent moins rapidement que les blanches.

Examinées au microscope, à la lumière transmise par le miroir, nous remarquons que les écailles sont restées intactes quant à leur forme et quant à la position de leurs stries ; en outre, leur position sur l'aile par rapport les unes aux autres n'a pas non plus été altérée ; elles sont devenues parfaitement transparentes et nous voyons encore par là qu'avant d'avoir été traitées, *elles contenaient un pigment* que la potasse caustique a extrait. Ainsi que nous l'avons indiqué, les ailes devenues transparentes, lorsqu'elles sont examinées selon une certaine inclinaison, et surtout à la lumière du soleil, décomposent activement les radiations lumineuses.

Nous retenons, de ce qui précède, *que la couleur blanche des ailes de Pieris rapæ est due à un pigment déposé en petite quantité dans les écailles et que ce pigment est réellement blanc.* Ce n'est pas à un phénomène optique que cette couleur est due.

Nous avons encore trouvé sur les ailes des *Pieris rapæ,* quoiqu'en très petit nombre, des écailles vides, mais atrophiées selon un mode particulier : elles se sont recourbées, sont devenues convexes, en sorte que leur surface est maintenant *bombée.* Or ces écailles, au lieu de décomposer les vibrations de la lumière comme c'est le cas de toutes les écailles vides ou contenant peu de pigment, se montrent *blanches,* sans refléter les couleurs du prisme.

Il semble probable que ce phénomène soit dû à la structure bombée spéciale de ces écailles[1] ; en effet, sur cette surface bombée, les stries se présentent à la lumière

[1] Nous n'avons pas pratiqué de coupes au travers de ces écailles bombées ; mais on se rend compte, par l'examen microscopique, que leur structure est bien telle que nous l'avons indiquée. En effet, on n'arrive jamais à les mettre entièrement au point ; si l'on met au point leur centre, leur périphérie est trouble et inversement, la périphérie étant mise au point, c'est le centre qui est alors trouble. Au contraire, les écailles à surface plane peuvent être mises au point sur toute leur étendue.

sous un autre angle que celui des stries qui existent sur une surface plane. Cette disposition semble être la cause de la réflexion de l'ensemble des rayons lumineux, c'est-à-dire de la lumière blanche.

Cependant les écailles de cette sorte sont trop peu nombreuses sur les ailes des *Pieris rapæ* pour qu'elles puissent jouer un rôle dans la production de leur couleur blanche. Mais nous verrons plus loin que des écailles semblablement modifiées jouent un rôle très conséquent dans certains cas d'albinisme et surtout d'albinisme expérimental.

Examen des écailles détachées des parties noires. — En préparation sèche, d'après le même procédé que pour les écailles blanches, les écailles noires sont examinées au microscope.

A la lumière directe, éclairant le dessous de la préparation, elles se montrent légèrement transparentes, grisâtres, et nous reconnaissons ainsi que cette couleur grisâtre est due au fait que le pigment arrête la lumière transmise par le miroir. Leur extrémité proximale contient moins de pigment que leur extrémité distale. De même que précédemment, celles de ces écailles qui sont peu pigmentées décomposent les radiations lumineuses.

Examinées au microscope, à la lumière directe, les écailles noires sont loin de se montrer de cette couleur : elles sont franchement *brunes*. Il ne s'en trouve guère que quelques-unes qui, plus chargées de pigment que les autres, apparaissent noirâtres. Mais si, dans la préparation, deux écailles sont placées l'une sur l'autre, l'image produite de cette façon est d'un beau noir réel ; de même, si deux écailles chevauchent en partie l'une sur l'autre, il n'y a que la portion couverte qui soit noire. D'autre part, le sommet des stries et le bord de l'écaille situé du côté où arrive la lumière ont des reflets *bruns*, parfois rouges, très prononcés.

Nous concluons donc que la *couleur noire des taches de Pieris rapæ est bien produite par un pigment brun*, et que si ces taches nous semblent, sur l'aile, noires, cela tient à l'abondance du pigment et au chevauchement de ces écailles les unes sur les autres, formant ainsi un magma compact. Nous retiendrons encore, comme étant important dans la question qui nous occupe, qu'un pigment *brun* peut, dans certains cas et suivant sa quantité, former des taches *noires* [1].

Examen des écailles détachées des parties grises. — Dans l'examen microscopique des écailles qui composent les parties grises, nous constatons, aussi bien à la

[1] Nous trouverons plus loin d'autres exemples de ce genre en ce qui concerne la bordure marginale et les taches de *Vanessa urticæ*, les taches de *Vanessa levana*, les bandes de *Melitæa parthenie*, la tache apicale de *Colias hyale*, la couleur générale d'*Erebia æthiops*, etc.

lumière directe qu'à la lumière transmise, qu'il ne s'en trouve aucune qui contienne un pigment gris; on n'aperçoit que des écailles brunes, semblables en tous points à celles des parties les plus noires, et des écailles blanches, identiques à celles du fond de l'aile. Mais si, dans la préparation, une écaille blanche se trouve placée sur une noire, l'image produite par cette superposition est *grise*. Il arrive aussi que, deux écailles blanches chevauchant sur les bords d'une noire, cette dernière paraisse avec sa couleur normale au centre et grise sur les côtés.

Nous voyons, en conséquence, que la couleur grise de *Pieris rapæ* est formée, *non pas par des écailles contenant un pigment gris, mais par des combinaisons d'écailles noires et de blanches.*

Examen des ailes entières. — C'est en examinant au microscope des ailes entières de *Pieris rapæ* en préparation sèche, que l'on se rend compte encore de la réalité de ce qui vient d'être dit.

Les écailles sont toutes orientées dans le sens de la longueur de l'aile, c'est-à-dire que leur extrémité dentelée se trouve à l'opposé du corps du Papillon. A la lumière directe, les écailles des parties blanches semblent être grisâtres à leur base; mais cela provient d'une illusion d'optique. En effet, cette coloration grise de la base ne se remarque que si la lumière éclaire l'aile dans la direction du grand axe des écailles et elle n'est autre chose que l'*ombre portée d'une écaille sur sa voisine.* Il suffit de tourner la préparation dans l'autre sens pour que cette coloration disparaisse. La présence de cette ombre portée, soit dit en passant, est encore l'indication que la couleur blanche de *Pieris rapæ* est bien due à un pigment blanc; il est évident que si les écailles étaient transparentes et que leur couleur fut due à un phénomène optique, ainsi que certains l'admettent, cette ombre portée ne se présenterait pas.

L'observation à la lumière transmise ne donne pas de résultat par le fait de la présence de la membrane inférieure de l'aile, qui forme un écran et rend celle-ci opaque.

C'est surtout l'examen des ailes entières qui nous révèle que les parties grises sont formées d'une combinaison d'écailles noires et d'écailles blanches, ou de la superposition des unes sur les autres. Le centre des taches noires est plus foncé; là, on remarque quand même la présence d'écailles blanches disséminées; mais elles ne sont pas en nombre suffisant pour en changer la nuance. A mesure que les parties grises qui entourent ces taches deviennent plus claires, le nombre des écailles blanches augmente et celui des noires diminue; en sorte que, là où l'aile est presque blanche, on ne rencontre plus que quelques écailles noires disséminées. On comprendra donc, ce qui, du reste, est tout naturel, que là où le nombre des

écailles noires domine, la tache est plus foncée que là où ce sont les blanches qui sont en plus grand nombre.

La région grisâtre de la racine des ailes est formée de la même façon.

La tache apicale se prolonge vers l'intérieur de l'aile en deux ou trois minces filets noirs qui suivent les nervures et qui vont en diminuant de teinte et d'épaisseur à mesure qu'ils avancent vers le milieu de l'aile. Sur l'un des individus examinés, le plus grand de ces filets à 4^{mm} de longueur et le plus petit 1^{mm} seulement.

Les écailles qui composent ces filets sont disposées en rangées transversales. La première rangée, celle qui suit la tache apicale, est formée de 12 écailles parmi lesquelles se trouvent 10 noires et 2 blanches intercalées; viennent ensuite 5 rangées de 8 à 10 écailles noires sans mélange; la 6^{me} rangée compte 6 écailles dont 3 blanches encadrées de 3 noires, puis de nouveau 2 rangées de 7 écailles noires, et une de quatre. A cet endroit le filet est déjà très mince; il ne comporte plus que des rangées de une ou deux écailles qui se succèdent de la façon suivante : une rangée bigarrée, une rangée de 3 écailles noires, dont deux sont totalement couvertes par des blanches et apparaissent grises. Enfin le filet se termine par une succession en file indienne de 10 écailles noires, le plus souvent couvertes, en tout ou partie, par des blanches.

Le plus petit des deux filets, de même que ceux d'autres sujets examinés, est constitué, à quelques détails près, de la même façon.

Examen du dessous des ailes. — Le dessous des ailes supérieures de *Pieris rapæ* est blanc, avec une tache apicale jaune et un saupoudré de jaune et de gris à la racine des ailes. En outre, au centre, nous trouvons chez la femelle deux taches noires, et une seule chez le mâle. Les inférieures sont uniformément jaunes, sablées de gris; leur couleur varie beaucoup comme intensité suivant les individus et suivant que ceux-ci appartiennent à la génération du printemps ou à celles de l'été.

Examen des écailles détachées. — Les écailles blanches sont identiques à celles du dessus de l'aile; en en pratiquant l'examen microscopique selon la même méthode que précédemment, nous voyons qu'elles contiennent un pigment blanc. Le rôle joué par l'interférence des rayons lumineux est le même pour les écailles du dessous que pour celles du dessus de l'aile.

Les écailles de la *tache apicale jaune* sont semi-transparentes et apparaissent grises à la lumière transmise par le miroir du microscope et éclairant le dessous de la préparation. Leur couleur réelle ne se montre nettement qu'à la lumière directe; nous voyons ainsi que ces écailles contiennent, en petite quantité, un pigment *jaune*, diffus. Ce pigment n'est amassé qu'à la moitié distale; la moitié proximale est trans-

parente. L'examen microscopique ne laisse aucun doute sur l'existence de ce pigment jaune, qui est moins abondant que le pigment blanc des autres parties.

Lorsque, dans la préparation, deux écailles jaunes se trouvent placées l'une sur l'autre, l'image produite par cette superposition est d'un jaune plus vif que celui des écailles isolées ; si plusieurs de ces éléments forment un groupe compact, la couleur que présente ce groupe est jaune d'ocre. Cela nous montre, une fois de plus, le rôle que peut jouer, pour renforcer la nuance de l'aile, la superposition de deux ou plusieurs écailles.

Examen de l'aile entière. — La tache apicale de l'aile supérieure est composée, en dessous, d'écailles jaunes, avec quelques écailles blanches intercalées. Chez certains individus dont la tache apicale est très pâle, les écailles blanches sont en assez grand nombre.

Quant à la portion, de teinte dégradée, qui limite la tache apicale du reste de l'aile, sa coloration est due à une combinaison d'écailles jaunes et de blanches, le nombre de ces dernières augmentant à mesure que l'on se rapproche du centre de l'aile.

Un phénomène contribue à rendre la tache apicale jaune plus foncée qu'elle n'est en réalité : c'est la présence, sur la face supérieure, de la tache noire de l'apex. Ces deux taches occupent la même position à l'extrémité de l'aile, l'une à la face supérieure, l'autre à la face inférieure. Il résulte de cette disposition que la tache noire du dessus rend plus foncée la tache jaune du dessous. Mais celle-ci est plus étendue que celle-là, et les parties jaunes qui dépassent apparaissent seules avec leur couleur réelle. C'est, par conséquent, l'existence du noir de la face supérieure, qui fonctionne comme écran arrêtant la lumière, qui donne à l'apex du dessous une coloration jaune plus foncée qu'en réalité

Voilà un exemple du rôle que peut jouer la coloration d'une des faces de l'aile sur celle de l'autre face. Ce phénomène, très appréciable dès que l'on examine l'aile par transparence, ne peut se présenter que chez les espèces dont les écailles contiennent peu de pigment ; la coloration plus intense de la portion distale de la tache jaune est due à cette organisation et non pas au fait que ses écailles contiennent plus de matière colorante, ou une matière colorante d'un jaune plus foncé, que dans la portion proximale.

La côte apparaît d'un jaune beaucoup plus intense, allant même, parfois, jusqu'au jaune d'ocre. Les écailles, à cette région de l'aile, sont serrées les unes contre les autres et davantage superposées qu'ailleurs ; elles forment ainsi une sorte de magma assez compact. Mais, si nous isolons quelques écailles de cette région pour les examiner séparément, nous nous rendrons compte qu'en réalité elles ne sont pas

d'un jaune plus foncé et que le pigment n'y est pas plus abondant que dans les autres parties. C'est uniquement à cette disposition des écailles, dont la superposition augmente l'épaisseur, qu'est dû le renforcement de leur teinte.

La couleur du dessous des ailes inférieures de *Pieris rapæ* varie passablement suivant les saisons, les localités et l'altitude qu'habite cette espèce; il existe des individus dont les ailes inférieures sont uniformément jaunes, légèrement sablées de gris, et d'autres chez lesquels le sablé gris couvre presque toute l'aile.

L'examen microscopique, pratiqué de la même façon que précédemment, nous montre que le dessous des ailes inférieures de *Pieris rapæ* comporte, à la base, des combinaisons d'écailles noires, de jaunes et de blanches, et dans le champ, des combinaisons de jaunes et de blanches. C'est encore la proportion numérique entre chacune de ces écailles qui donne à l'aile la couleur qu'elle possède; ainsi, dans les spécimens où le sablé de gris s'étend sur presque toute l'aile, les écailles noires sont disséminées sur presque toute la surface de celle-ci.

Nous avons encore eu à l'examen des exemplaires de *Pieris rapæ* dont le dessous des ailes inférieures est d'un jaune excessivement pâle. Les écailles jaunes, examinées isolément, se font remarquer par la rareté de leur pigment. Mais la méthode de superposition de deux ou de plusieurs d'entre elles nous montre que ce pigment est d'un jaune de *même valeur* que celui des écailles d'individus normaux. Nous avons là un exemple que le pâlissement de la couleur provient de la rareté d'un pigment de teinte normale et non pas de ce que le pigment a pris une teinte plus claire.

En étudiant en détail les ailes des *Pieris rapæ*, c'est-à-dire un des cas les plus simples qui puissent se présenter, nous avons surtout voulu faire ressortir le fait que des ailes qui comportent des dessins de *cinq* colorations différentes (noir, blanc, gris, jaune d'ocre et jaune) ne sont formées que par des écailles qui ne contiennent que *trois* pigments. C'est ainsi que le jaune d'ocre est produit par un plus grand chevauchement des écailles jaunes, et non pas par la formation d'un pigment jaune d'ocre; que les parties grises comportent un mélange d'écailles noires et de blanches, ou d'un plus fort chevauchement des noires sur les blanches, etc.

Pour former toutes les aberrations connues de cette espèce, c'est un mécanisme analogue qui intervient et, dans aucun cas, il ne se crée de nouvelle couleur. Nous verrons qu'il en est ainsi pour presque toutes les espèces étudiées.

Expériences de température élevée avec Pieris rapæ.

Ces expériences ont été pratiquées chaque année depuis 1906, sur un grand nombre de *chrysalides hivernantes;* elles se divisent en 3 séries.

I. *Les chrysalides sont soumises à l'influence de la température de 40 à 50°,* **en automne.**

a) pendant une courte durée (2 à 7 jours consécutifs suivant les cas, mais 7 heures par jour seulement).

b) pendant 3 à 5 jours consécutifs.

II. *Les chrysalides sont soumises à l'influence de la température de 40 à 50°,* **au printemps.**

III. *Les chrysalides sont soumises à l'influence de la température de 40 à 50°,* **en automne,** *pendant 3 jours consécutifs et de 35°,* **au printemps,** *pendant 10-15 jours consécutifs.*

Les résultats sont peu nombreux; sur le nombre très élevé de chrysalides expérimentées, 31 seulement ont réagi pour produire des adultes légèrement modifiés dans les séries I et III. Les expériences de la série II n'ont pas donné de résultat.

I*a*. Parmi les chrysalides qui ont donné lieu à cette expérience, nous avons seulement obtenu 13 aberrations : 7 (dont 2 ♀) sont *mélanisantes* et 6 (dont 3 ♀) sont *albinisantes*. Une femelle parmi les premières, brille tout spécialement par son extrême richesse de pigmentation; aux ailes supérieures la tache apicale est très étendue, les taches du centre de l'aile sont larges; le sablé gris couvre la moitié de la superficie de l'aile, la côte et la marge sont fortement teintées de jaune; aux inférieures, le sablé grisâtre est également très étendu et on remarque en outre, au centre de chacune de ces ailes, une petite tache noire spéciale.

Les autres aberrations mélanisantes brillent par une accentuation de tous les caractères foncés et par leur couleur du fond qui est devenue jaune.

Les aberrations albinisantes ont les caractères suivants :

En dessus : Eclaircissement de la teinte de toutes les taches noires, qui, dans deux cas, s'effacent presque totalement; absence d'écailles jaunes.

En dessous : La teinte jaune est très atténuée. En outre, les 4 ailes sont légèrement transparentes.

I*b*. Parmi les Papillons des chrysalides qui ont pris part à cette expérience, 8 (dont 4 ♀) sont modifiés.

Les 4 femelles sont mélanisantes; il y a renforcement de tous les caractères foncés, *sauf de la tache apicale* qui est grise. Les 4 ailes sont, en outre, légèrement jaunâtres avec reflets métalliques.

Les 4 mâles sont légèrement albinisants.

III (9 ♀ et 3 ♂). 8 femelles brillent par les caractères suivants :

En dessus : Taches peu étendues, *brunâtres*, avec des reflets métalliques bronzés; les 4 ailes sont fortement saupoudrées d'*atomes brunâtres*, à reflets métalliques comme ceux des taches.

En dessous : Ailes fortement sablées de grisâtre.

La 9^{me} femelle possède les mêmes caractères bruns, mais la tache apicale est, en partie, effacée.

Les trois mâles ont les taches brunes, avec reflets métalliques, mais peu marquées.

Nous ajouterons que, parmi les individus de la série I, les mélanisants se remarquent par la grosseur de leur abdomen, et, pour la plupart, par leur grande taille. Les albinisants possèdent au contraire un abdomen fluet, qui s'aplatit en séchant; en outre, trois de ceux-ci n'ont pu développer complètement leurs ailes.

La taille de tous les individus de la série III est légèrement au-dessous de la moyenne; tous ont l'abdomen bien conformé, un seul est resté atrophié.

Nous retiendrons encore de ces expériences que, sous l'influence de la température élevée agissant sur les chrysalides de *Pieris rapæ*, trois sortes de modifications peuvent se produire sur les ailes de ces Papillons :

1° Des formes mélanisantes;
2° Des formes albinisantes;
3° Des formes à la fois mélanisantes et albinisantes.

Autrement dit : *les Pieris rapæ, sous l'influence de la température élevée, ne varient que selon la loi du mélanisme et de l'albinisme des parties.*

Examen microscopique des aberrations obtenues des expériences avec Pieris rapæ. — Les écailles des individus normaux, à part les androchoniales des mâles, sont de deux types : des allongées et minces, et des arrondies et courtes. Ces deux types d'écailles sont disséminés à la surface de l'aile et se retrouvent, avec quelques modifications de détail, sur les différentes parties de l'aile (Pl. 5, fig. 2, *a*). Il existe un dimorphisme sexuel, relatif à ces éléments.

Individus albinisants. — Parmi les écailles des individus les plus albinisants, nous retrouvons les deux types signalés; mais, pour chacun d'eux, les écailles sont beaucoup plus petites que normalement (Pl. 5, fig. 2, *b*)[1]. Plusieurs sont déformées ou ne possèdent point de dents au sinus. En outre, l'examen microscopique des ailes entières nous montre que, chez deux exemplaires, les écailles sont beaucoup moins serrées que d'ordinaire, et qu'elles laissent parfois entre elles des espaces assez marqués. On comprendra l'origine de ces espaces; ils proviennent du fait que les écailles étant devenues plus petites et plus rares, ne couvrent plus complètement les ailes. Il résulte donc de ce dispositif que les ailes de ces deux exemplaires sont légèrement transparentes et, par conséquent, *sont plus claires*. Ce pâlissement provient aussi du fait que les éléments de coloration blanche sont moins abondants que normalement.

[1] Pour apprécier la taille des écailles, nous en dessinons les contours au moyen d'une chambre claire, en ayant soin de conserver toujours la même élévation entre celle-ci et le papier; on peut comparer ainsi la taille des diverses écailles dessinées.

En ce qui concerne les taches noires que l'expérience a pâlies dans une large mesure, les écailles y sont plus petites également, parfois déformées. Mais ce qui frappe surtout, c'est le petit nombre de noires par rapport à celui des blanches. En outre, nous trouvons souvent qu'une noire est couverte par une blanche. La fréquente répétition de ces deux modes de modifications peut éclaircir les taches en question, de manière à les faire disparaître presque totalement.

Nous concluons encore que l'*albinisme expérimental de Pieris rapæ provient :*

1° *De la diminution du nombre et de la taille des écailles noires ;*

2° *De la transparence et du pâlissement de l'aile, produits par la diminution du nombre et de la taille des écailles blanches ;*

3° *De la rareté du pigment ;*

4° *Les trois procédés peuvent se combiner chez un même individu ;*

5° *A la petitesse des écailles, s'ajoute souvent leur déformation.*

Individus mélanisants. — Parmi les écailles des individus mélanisants nous retrouvons les deux types habituels. Mais, comparées à celles des individus normaux, il est manifeste qu'elles sont souvent plus grandes[1].

Les écailles noires ne paraissent pas contenir plus de pigment que d'ordinaire ; elles sont brunes, et deux écailles superposées donnent une image noire. Mais elles sont en plus grand nombre que normalement ; les blanches, au milieu des taches noires, sont très rares. Dans le champ blanc de l'aile, on rencontre plusieurs écailles noires.

Les femelles de la série I*a* brillent par la coloration jaunâtre du dessus de leurs ailes ; cette coloration est due au fait que, à côté des écailles blanches et des noires qui composent habituellement la face supérieure de l'aile, il se trouve une forte proportion d'*écailles jaunes ;* par la méthode de superposition, nous nous rendons compte que le pigment de ces écailles est bien réellement jaune, et que cette couleur n'est pas due à un phénomène physique.

Les individus de la série III sont mélanisants, sauf en ce qui concerne la tache apicale qui est très pâle et réduite. Ici, nous remarquons que les écailles noires y sont en petit nombre, et qu'elles sont presque constamment remplacées par des blanches. En outre, plusieurs d'entre elles sont plus petites.

Nous avons voulu nous rendre compte si, normalement, il n'existe pas une différence de taille entre les écailles de l'apex et celles du centre de l'aile ; et, en en dessinant à la chambre claire et à la même échelle, un certain nombre pris à chacune

[1] Nous avons apprécié la taille des écailles des individus mélanisants de la même façon que pour les albinisants.

de ces deux parties, nous avons pu nous convaincre que les unes et les autres étaient à peu près de la même grandeur. Tandis que chez les modifiés de la série III, la différence de taille est très apparente.

Nous concluons de ces dernières recherches que *le mélanisme expérimental de Pieris rapæ provient :*

1° *De l'augmentation du nombre des écailles noires.* Une certaine quantité d'écailles ordinairement blanches sont remplies de pigment noir ;

2° *De ce que les écailles des parties noires sont souvent plus grandes que les normales :*

3° *Le pigment blanc du centre de l'aile semble se modifier parfois en un pigment jaune.* La couleur jaune constitue donc bien, ici, un cas de mélanisme par rapport au blanc.

Il y a lieu de faire remarquer encore que les individus albinisants possèdent des écailles plus petites que normalement, souvent déformées, et que ce caractère vient s'ajouter à ceux que nous avons signalés (petitesse de la taille, pâleur des ailes, souvent atrophiées) et qui sont des caractères de dégénérescence et d'affaiblissement. Au contraire, aux caractères de vigueur et de santé des individus mélanisants, s'associent celui des écailles qui sont souvent plus grandes que normalement.

Pieris brassicæ.

Nous avons examiné, suivant les mêmes méthodes que pour *Pieris rapæ*, dix exemplaires mâles et femelles de *Pieris brassicæ*, pris à l'état naturel.

Cette espèce, blanche également, mais plus grande que la précédente, possède des taches noires qui rappellent, comme position, celles de *Pieris rapæ*. Ces taches, principalement celle de l'apex, varient de nuance ; il en est de même du sablé grisâtre avoisinant le corps et qui, chez la femelle surtout, peut acquérir plus ou moins d'étendue. En dessous, les ailes inférieures sont d'un jaune plus ou moins accentué, toujours légèrement saupoudré de gris ; ce saupoudré gagne parfois toute la surface de l'aile.

Nous ne ferons pas en détail l'examen de cette espèce. Nous nous bornerons à indiquer que toutes les conclusions que nous avons tirées de l'examen des *Pieris rapæ* se vérifient pour *Pieris brassicæ.*

Le dessous des ailes inférieures de certaines femelles est légèrement verdâtre ; si l'on en détache les écailles, on n'en trouve *aucune qui soit verte ;* le dessous de

ces ailes ne comporte que des écailles noires, des blanches et des jaunes. C'est à la combinaison des noires, qui présentent des reflets métalliques *bleus*, et des jaunes, qu'est due la production de cette nuance verte.

Les ailes des mâles ont un aspect différent de celles des femelles. Elles sont plus épaisses et recouvertes d'une pilosité veloutée qui fait défaut dans l'autre sexe. Cet aspect particulier aux mâles provient de l'abondance des écailles *androchoniales* qui sont très allongées et grêles à leur sommet, ayant un peu la forme d'un poil et qui se rencontrent sur toute la portion blanche de l'aile. Les femelles, au contraire, ont les ailes plus minces par le fait de l'absence de ces écailles, et ne présentent pas cet aspect velouté. Par contre, elles montrent une certaine irisation.

Expériences de température élevée avec Pieris brassicæ.

Un certain nombre d'expériences ont été pratiquées, depuis 1908, avec des *chrysalides hivernantes* de cette espèce et ont été divisées en deux séries :

I. *Les chrysalides sont soumises à l'influence d'une température de 40 à 45°, pendant 15 à 20 jours consécutifs et 5 h. par jour*, en automne.

II. *Les chrysalides sont expérimentées de la même façon, mais* au printemps.

Les résultats, au point de vue de la coloration, sont peu nombreux et la grande majorité des chrysalides qui ont donné lieu à ces recherches n'ont pas réagi contre l'influence de la température.

Deux femelles, devenues albinisantes et dont les taches apicales sont très pâles, en partie lavées, et teintées de reflets métalliques bruns, retiendront notre attention.

L'examen de ces taches confirme un des points que nous avons signalés chez les *Pieris rapæ* devenues albinisantes, à savoir que les écailles blanches sont *plus nombreuses* que normalement et couvrent souvent les écailles noires, ce qui en fait paraître une bonne partie grises. En outre, les noires contiennent peu de pigment.

Par le même procédé de mensuration que celui pratiqué pour *Pieris rapæ*, on peut se rendre compte encore que *les écailles des taches apicales modifiées sont plus petites que celles du centre de l'aile*, tandis que, chez les individus témoins, les unes et les autres sont de même taille. Mais ce qui frappe surtout, c'est que les écailles des taches apicales *albinisantes* ont, en outre, passablement modifié leur forme (Pl. 5, fig. 3, *a* et *b*).

Parmi les individus modifiés, signalons encore un ♂ et trois ♀ qui peuvent être considérés comme mélanisants, en ce sens que leurs taches apicales noires

sont exceptionnellement grandes et remarquables par leur intensité. En outre, le dessous des ailes inférieures est fortement saupoudré de gris.

Les écailles des parties noires ont acquis une dose énorme de pigment; elles sont à ce point opaques que leurs stries ne s'aperçoivent pas au microscope. Mais il est facile de se rendre compte qu'elles contiennent un pigment brun de même valeur que celui des individus normalement colorés. C'est la surabondance de ce pigment qui est la cause de cette intensité de coloration.

Quant au saupoudré gris du dessous des ailes inférieures, il est formé par des écailles brunes surpigmentées en combinaisons variées avec des blanches.

Pieris napi.

Les individus de cette espèce présentent un dimorphisme sexuel accentué. Blancs dans les deux sexes, avec une tache apicale noire, ils se différencient aisément par la présence, chez les femelles, d'une abondance d'atomes gris qui sont amassés, en de longues bandelettes, le long des nervures; ces bandelettes font défaut chez les mâles. En outre, les femelles possèdent, sur le dessus des ailes, deux taches noires que n'ont pas les individus masculins. En dessous, dans les deux sexes, la couleur du fond est à peu près la même que chez *Pieris rapæ*, et présente de semblables variations de nuance. Mais le caractère distinctif consiste en des bandelettes grisâtres, légèrement verdâtres, qui suivent le trajet des nervures aux ailes inférieures.

Nous avons étudié plusieurs mâles et femelles des deux générations de la plaine et de la montagne, en suivant la même méthode que celle employée jusqu'à maintenant. Nous ne reviendrons donc pas sur le détail de ces recherches et nous nous bornerons à en indiquer les résultats :

1° La couleur blanche de *Pieris napi* est due à un pigment blanc déposé en petite quantité dans les écailles. Ce n'est pas à un phénomène d'optique que cette couleur blanche est due.

2° La couleur noire est produite par un pigment brun. C'est grâce à l'extrême surcharge de ce pigment que les taches paraissent noires; autrement elles sont d'un brun foncé.

3° Les parties grises du dessous des ailes sont formées par des combinaisons d'écailles brunes, paraissant noires parce que fortement pigmentées, et d'écailles blanches, en tous points semblables à celles des parties blanches.

4° Les parties jaunes du dessous sont composées d'écailles jaunes et de blanches; suivant que ce sont les unes ou les autres dont le nombre domine, ces parties sont plus ou moins foncées. Le bord antérieur de l'aile inférieure est d'un jaune passablement plus intense que le reste de l'aile; cette teinte plus foncée est due à une plus forte superposition d'écailles jaunes de nuance ordinaire.

3° Les bandelettes grisâtres qui longent les nervures sont formées de la même façon que les autres parties grises; mais, chez certains individus où ces bandelettes sont teintées de verdâtre, on ne trouve pas d'écailles vertes; cette couleur est due à la combinaison des écailles jaunes et des brunes, ces dernières paraissant noires par surcharge pigmentaire et ayant des reflets bleus.

Les mâles de *Pieris napi* possèdent sur le dessus des ailes supérieures quelques minces filets grisâtres qui longent les nervures. On pourrait penser que ces filets sont formés de quelques écailles brunes en file indienne. Or cela n'est pas le cas, car l'examen microscopique montre que les écailles brunes y sont si rares, que leur nombre est insuffisant pour motiver la formation de ces filets. En réalité, ils proviennent du fait que, en dessous, les nervures sont couvertes d'écailles brunes qui forment un ensemble opaque, obscurcissant, en dessus, la nervure. Aux ailes inférieures le même cas se présente. Nous voyons donc qu'il peut se faire que *certains dessins foncés du dessous des ailes délimitent, à la place correspondante du dessus, un dessin,* sans qu'aucun pigment spécial n'entre dans la formation de ce dessin.

Aberrations de Pieris napi.

Les aberrations femelles *bryoniæ*, *napeæ* et *flavescens* des régions montagneuses possèdent les caractères suivants :

La couleur du fond des ailes supérieures est jaune crème, souvent surchargée d'une abondance d'atomes brunâtres; les taches sont plus étendues et les bandelettes sont souvent plus larges que normalement.

Les recherches microscopiques pratiquées sur trois de ces femelles nous apprennent que :

1° La couleur jaune crème du fond est due à une combinaison d'écailles blanches et de jaunes de même nature que chez les individus de l'espèce; il n'y a pas formation d'un pigment jaune crème.

2° Les atomes brunâtres contiennent un pigment brun de même coloration que celui des taches noires typiques; mais il est en petite quantité dans les écailles.

3° Les bandelettes qui suivent les nervures comportent des écailles brunes, des jaunes et des blanches. C'est pour cela que ces bandelettes ont, souvent, une coloration café au lait.

Sur les ailes des *Pieris napi* normaux, il existe toujours, disséminées au milieu des blanches, un petit nombre d'écailles jaunes et de brunes; mais ces deux dernières sortes ne sont pas en quantité suffisante pour modifier la coloration blanche. Tandis que sur les ailes des aberrations, les écailles brunes et les jaunes deviennent assez nombreuses pour cela. La formation de ces aberrations n'est donc que l'accentuation d'un état de chose existant déjà chez l'espèce.

On rencontre souvent des femelles de *Pieris napi* dont toutes les taches et les dessins sont gris. C'est encore à un mélange d'écailles brunes (noires) et de blanches (ces dernières en plus grand nombre que normalement) qu'est due cette coloration. Il n'y a pas formation d'un pigment gris.

Nous avons encore étudié deux mâles de *Pieris napi* dont la tache apicale est nettement *brunâtre*. C'est bien au fait que le pigment normal est moins abondant dans les écailles de ces taches qu'est due cette coloration et non pas à la présence d'un *pigment brun plus clair*. Rappelons que chez les *Pieris* à tache apicale noire le pigment y est quand même brun; mais, comme il est très abondant et rend les écailles opaques, ces taches paraissent noires.

La production de ces aberrations à taches brunâtres s'explique donc facilement : les individus qui les possèdent fabriquent moins de pigment que normalement. Il suffit, du reste, de décolorer partiellement les ailes d'une *Pieris napi* à taches noires, pour montrer l'évidence de ce qui vient d'être énoncé.

Leucophasia sinapis.

Cette espèce est blanche en dessus avec une tache apicale noire à contours fondus. En dessous, aux ailes supérieures, elle est blanche avec tache apicale jaunâtre. Aux ailes inférieures, la couleur du dessous est jaune avec des dessins grisâtres, estompés et peu marqués. Ces différents caractères peuvent s'accentuer ou s'éclaircir suivant les individus, les localités où ils se rencontrent, ou leur époque d'apparition. Les taches apicales varient aussi, quant à leurs dimensions et leur nuance; elles peuvent, dans certains cas, disparaître.

L'examen de 11 individus de cette espèce nous amène, en ce qui concerne leur coloration et leurs dessins, aux mêmes conclusions que pour les espèces précédentes. Nous ajouterons que chez les exemplaires femelles où la tache apicale fait défaut, on trouve encore, à l'emplacement de cette tache, quelques écailles brun foncé, mais dont le nombre est insuffisant pour qu'on puisse les apercevoir à l'œil nu.

Leucophasia sinapis ab. *subgrisea*. C'est une combinaison d'écailles noires et de blanches qui est cause de la formation de la tache apicale grise; en outre, les noires sont fréquemment recouvertes par des blanches.

L'examen de trois exemplaires à *tache apicale brunâtre* montre que les écailles de ces parties contiennent peu de pigment. Là, encore, il n'y a pas formation d'un pigment brun plus clair.

Antocharis cardamines.

Cette espèce offre un certain intérêt. Ses principaux caractères sont les suivants:

En dessus : Couleur du fond blanche; aux supérieures, tache apicale et une tache centrale grises. En outre, chez les mâles, la tache apicale grise est accompagnée d'une large tache rouge embrassant la moitié de l'aile supérieure.

En dessous : Couleur du fond blanche; l'aile inférieure est encore marbrée de taches verdâtres, saupoudrées et accompagnées d'atomes grisâtres. Ces derniers dessins se remarquent légèrement, par transparence, sur le dessus des ailes inférieures.

Les écailles du fond sont remplies d'un pigment blanc peu abondant et se comportent, vis-à-vis des rayons lumineux, comme les écailles blanches des autres Piérides.

Les taches grises sont formées d'une association d'écailles noires[1] et de blanches; la nuance de ces taches dépend du rapport numérique qui existe entre les noires et les blanches. Il n'a pas été trouvé d'écailles à pigment gris.

La tache rouge des mâles se compose bien d'écailles rouges. Une *zone jaune,* dégradée, limite, à l'intérieur, cette tache du reste de l'aile. L'examen microscopique de cette zone nous montre qu'elle n'est formée que d'écailles rouges et de blanches; le nombre de ces dernières augmente à mesure que l'on s'approche du centre de l'aile. En réalité, cette zone n'est donc pas jaune, comme on en a l'impression en regardant le Papillon, mais rose. Le reste de la tache apicale des mâles est brune, par le fait qu'elle comporte des écailles noires et des rouges. Il n'existe donc pas de matière colorante brune.

Les *taches verdâtres* du dessous des ailes inférieures, tant chez les mâles que chez les femelles, offrent un intérêt tout particulier. En détachant les écailles de ces parties et en les examinant au microscope, successivement aux deux lumières, nous ne trouvons pas la moindre écaille verte; nous n'en trouvons que des jaunes, des noires et des blanches. Ces dernières proviennent de la couleur du fond; les jaunes contiennent un pigment qui est bien de cette couleur, puisque deux écailles superposées donnent une image qui reste jaune. Quant aux noires, examinées soigneusement, elles se montrent avec des reflets *bleus* brillants, très apparents. Dès

[1] Chez *Antocharis cardamines,* le pigment des taches semble bien être *noir* et non pas brun. En effet, les écailles peu pigmentées de ces parties conservent, malgré cela, leur coloration noire.

lors, on peut concevoir l'origine de la couleur verdâtre des taches en question: elle provient d'une combinaison d'*écailles jaunes et de noires à reflets bleus*[1].

Nous avons examiné le dessous d'une dizaine d'*Antocharis ausonia*, d'*Antocharis belia* et de sa variété *simplonia*, de *Pieris callidice* et de *Pieris daplidice;* leurs taches verdâtres sont dues à une combinaison analogue d'écailles jaunes et de noires à reflets bleus.

Du reste, beaucoup d'individus aberrants de ce groupe possèdent des taches qui, au lieu d'être vertes, sont simplement jaunes; chez ceux-ci, les écailles noires sont rares. Dans d'autres cas, les taches sont formées d'atomes jaunes et d'atomes noirs distincts des jaunes; chez ces dernières aberrations, les écailles jaunes sont localisées en certains endroits et les noires, trop abondamment pigmentées pour donner lieu à la production du phénomène optique, sont localisées ailleurs.

Aporia cratægi.

Cette Piéride, en dessus, est blanche, sans dessins; les ailes sont parcourues par les nervures, marquées en brun foncé et même parfois en noir; celles-ci ne sont pas accompagnées d'une bande d'atomes grisâtres, comme c'est le cas chez *Pieris napi ;* cependant, vers le bord de l'aile, l'extrémité de chaque nervure est accompagnée d'un petit triangle brunâtre. En dessous, les caractères sont les mêmes qu'en dessus; mais la couleur du fond, surtout aux ailes inférieures, y est plus chargée d'atomes noirs; en outre, les nervures sont accompagnées d'une bande saupoudrée de noirâtre. Chez les femelles, les ailes supérieures sont le plus souvent transparentes à la partie centrale.

Les écailles que supportent les ailes d'*Aporia cratægi* sont de deux sortes: des arrondies et des minces, plus petites.

Examen du dessus des ailes. — Les écailles de la couleur du fond sont blanches et contiennent en abondance un pigment blanc; nous le prouvons par la même méthode que celle employée pour les autres Piérides. Examinées comparativement avec les écailles de ces dernières, il est facile de se rendre compte que celles d'*Aporia cratægi* contiennent beaucoup plus de pigment. Or les ailes d'*Aporia cratægi* ne possèdent pas le reflet métallique que possèdent souvent les autres Piérides; cela confirme que l'abondance du pigment dans les écailles arrête la décomposition de la lumière.

[1] M. Baer (1898, 5) a signalé le fait; il l'attribue à une combinaison d'écailles jaunes et de noires.

Les écailles blanches sont toutes du type arrondi et montrent une légère différence de forme suivant qu'elles appartiennent à des mâles ou à des femelles.

En examinant, au microscope, les ailes entières, nous remarquons que, chez les mâles, les écailles sont très serrées les unes contre les autres, tandis que chez les femelles, elles sont au contraire assez espacées, laissant entre elles des vides appréciables. Certaines femelles ont les ailes très transparentes; chez celles-ci les écailles sont peu nombreuses. D'autres femelles, au contraire, sont peu transparentes et leurs écailles sont en plus grande quantité.

L'accentuation de la transparence est donc due à la rareté des écailles et non pas au fait que celles-ci ne contiennent point de pigment.

Les écailles qui forment les triangles brunâtres accompagnant l'extrémité des nervures sont toutes du type mince et petit; elles sont plus grandes chez les mâles que chez les femelles. En outre, elles contiennent un *pigment noir* peu abondant. En ce qui concerne la couleur brunâtre de ces triangles, elle est due:

1° Au fait de la chitine de la membrane alaire qui est colorée en brun;

2° Au fait que les écailles qui composent ces triangles sont petites et minces, très espacées les unes des autres, laissant la membrane brune en partie à nu;

3° Au fait que ces écailles contiennent peu de pigment.

Nous retiendrons encore de ces recherches que les *triangles transparents contiennent des écailles plus petites que dans les autres parties.* Or nous avons vu, lors de l'énoncé des expériences avec *Pieris rapæ* et *Pieris brassicæ*, que les écailles devenues albinisantes et en partie transparentes ont une tendance à diminuer de taille. Mais la transparence des ailes ne doit cependant pas toujours être considérée comme un cas d'albinisme partiel, puisque l'étude d'*Aporia crataegi* nous montre qu'il peut y avoir des ailes transparentes avec écailles noires.

Examen du dessous des ailes. — La couleur du fond est formée d'écailles blanches; les nervures sont accompagnées d'une bandelette grisâtre qui est formée d'une combinaison d'écailles noires et de blanches; les nervures elles-mêmes sont brun foncé et l'examen microscopique montre qu'elles ne sont pas recouvertes d'écailles.

Chez certaines femelles, les ailes inférieures sont saupoudrées de gris, ce qui est dû encore à la combinaison d'éléments noirs et de blancs.

Les parties transparentes des femelles et les triangles qui accompagnent leurs nervures sont constitués comme pour le dessus des ailes.

Examen de l'aberration femelle flava. — Le caractère distinctif de cette aberration réside dans le dessous des ailes inférieures qui est d'un jaune accentué, pou-

vant aller jusqu'au jaune d'ocre. Cette teinte est formée d'écailles de trois sortes, des jaunes, des noires et des blanches, qui entrent en combinaisons variées et dont la proportion numérique varie la teinte de cette partie de l'aile. Mais, ce que nous retiendrons surtout, c'est qu'il y a, dans l'aberration *flava*, production de la couleur jaune qui n'existe pas chez les femelles typiques. Il faut donc en conclure que le pigment blanc de certaines des écailles du type se modifie, pour former cette aberration, en un pigment jaune.

Expériences de température élevée avec Aporia cratægi.

Nous avons soumis, en 1908, pendant 9 h. de temps, durant le premier jour de leur formation, une trentaine de chrysalides de cette espèce, à l'influence d'une température de 40-45°. Les résultats obtenus sont les suivants :

22 individus (12 femelles et 10 mâles).

Femelles.

1° Chez 5 ♀, la transparence de l'aile est très accentuée aux ailes supérieures, et commence à se faire remarquer aux inférieures : *individus albinisants*[1].

2° Chez 3 ♀, la transparence est accentuée à l'aile supérieure, mais fait défaut à l'aile inférieure dont le dessous est, par contre, fortement saupoudré de gris et de jaune : *individus à la fois mélanisants et albinisants.*

3° Chez 2 ♀, les ailes supérieures sont normalement transparentes ; les ailes inférieures sont fortement saupoudrées de gris : *individus mélanisants.*

Deux femelles ne sont pas modifiées.

Mâles.

1° Chez 2 ♂, la transparence existe un peu aux ailes supérieures : *individus albinisants.*

2° Chez 4 ♂, les ailes sont saupoudrées de gris : *individus mélanisants.*

Les autres mâles ne sont pas modifiés.

Les écailles des parties transparentes se sont fortement modifiées; elles sont passablement plus petites que normalement et, pour la plupart, ont perdu les dents de leur extrémité distale. Quant à la production du saupoudré grisâtre, il faut en voir l'origine dans l'augmentation du nombre des écailles noires.

Nous concluons de ces expériences :

1° *Que les températures élevées, chez Aporia cratægi, sont aussi bien un facteur de mélanisme que d'albinisme ;*

[1] Nous considérons ces individus comme albinisants, 1° parce que les éléments colorés blancs du centre de l'aile ont fortement disparu, 2° parce que les éléments noirs des triangles se sont en partie effacés.

2° *Que les écailles des parties devenues transparentes ont diminué de taille et ont modifié leur forme, sous cette influence ;*

3° *Que le pigment blanc, par oxydation produite par la chaleur, peut, en certaines régions de l'aile, devenir jaune.*

Parnassius apollo.

Cette espèce varie passablement; ses principaux caractères sont les suivants :

Ailes blanchâtres; les supérieures portent 4 ou 5 grosses taches noires, les inférieures 2 gros ocelles rouges, entourés de noir et le plus souvent pupillés de blanc. Les femelles sont généralement beaucoup plus chargées d'atomes noirs que les mâles. En outre, les ailes des deux sexes, et surtout les supérieures, possèdent deux bandes marginales, à contours irréguliers, séparées par une bande sinueuse blanche. En examinant les ailes depuis le bord externe, nous considérons d'abord une première bande noirâtre (I), une deuxième bande, blanche, qui la côtoie (II) et enfin une troisième bande noire (III) qui côtoie la seconde. A la suite de la bande III, l'aile est blanche, avec les 5 taches noires mentionnées, jusqu'à sa racine, où elle est légèrement saupoudrée de noir.

Les écailles qui couvrent les ailes de *Parnassius apollo* peuvent encore se ramener à deux types : des larges et arrondies et des minces, allongées, se terminant en pointe (Pl. 5, fig. 16, *a* et *b*). Les premières se trouvent dans les régions qui avoisinent le corps et les autres vers la bordure. En comparant ces diverses écailles on se rend compte que celles du type allongé dérivent des arrondies, car, entre les unes et les autres, on remarque tous les passages.

Les écailles des taches noires sont remplies d'un pigment noir compact et abondant. A la lumière transmise, elles sont absolument opaques; à la lumière directe elles se montrent d'un beau noir d'ébène; sauf une ou deux qui sont un peu moins pigmentées et qui ont des reflets métalliques rouge brun, ces écailles ne décomposent en aucune façon la lumière. Deux écailles, choisies parmi les moins pigmentées et superposées, donnent une image noire.

Les ocelles rouges sont formés d'écailles dans lesquelles se trouve un abondant pigment rouge qui les rend opaques; ces écailles, quant à leur forme, sont intermédiaires entre celles des deux types signalés.

Le fond des ailes est formé par des écailles blanches, peu serrées les unes contre les autres et contenant un pigment blanc compact; grâce à cela, elles ne pro-

duisent que fort peu le phénomène de diffraction. En outre, deux de ces écailles placées l'une sur l'autre ne donnent pas une image d'un blanc plus intense qu'une seule écaille isolée; cela nous montre que ces éléments, chez *Parnassius apollo*, sont surcolorés par le pigment.

Examen des bandes marginales. — Les bandes I, II et III diffèrent les unes des autres par la forme des écailles qui les composent.

La bande noire III se compose d'écailles du type large et arrondi, semblables, comme forme, aux blanches du centre de l'aile. Les unes et les autres contiennent un abondant pigment et sont opaques. Suivant le rapport numérique qui existe entre ces deux éléments, la bande est plus ou moins noire; les bords de celle-ci, qui sont grisâtres, contiennent une plus grande proportion d'écailles blanches.

La bande blanche II comporte également des écailles du type arrondi; mais celles-ci sont plus petites qu'au centre de l'aile.

La bande noire I est transparente et formée exclusivement d'écailles du type mince; aux ailes supérieures, elles sont noires, opaques, mais très clairsemées et laissent, entre elles, de larges espaces; c'est à peine si, au milieu de ces écailles noires, il s'en trouve une ou deux qui soient blanches. Aux ailes inférieures, la bande I manque parfois. Quand elle existe, elle est peu transparente et moins foncée. Les écailles y sont également du même type que ci-dessus, mais les blanches dominent fortement.

Nous avons examiné la bande I de 22 *Parnassius apollo*, mâles et femelles; le résultat de cet examen a été de nous montrer que les écailles du type mince n'existent que sur cette bande.

Ce qu'il y a lieu de remarquer, dans ces recherches, c'est que :

1° Les parties transparentes, de même que chez *Aporia crataegi*, contiennent des écailles dont les dimensions sont plus réduites que dans les parties opaques. La transparence des ailes de cette espèce ne semble donc pas seulement due au fait de la rareté des écailles, mais aussi à leur diminution de taille.

2° Les écailles des parties transparentes peuvent contenir soit un pigment blanc, soit un pigment noir.

Les femelles de *Parnassius apollo* sont souvent fortement saupoudrées de noir; chez certaines aberrations, cette coloration mélanienne gagne parfois beaucoup en étendue et en intensité. Dans ce cas, un certain nombre d'écailles blanches acquièrent un pigment noir.

Nous avons encore étudié 4 individus ayant les ocelles jaunes au lieu de rouges. Les écailles des ocelles rouges détachées et examinées au microscope sont opaques

et ne montrent presque pas d'irisation. Au contraire, les écailles des ocelles jaunes, examinées de la même façon, sont transparentes, avec des reflets métalliques dorés. Nous voyons par là que, dans les ocelles jaunes, le pigment est de même couleur que dans les ocelles rouges, mais en moins grande quantité.

Parnassius delius.

Les caractères des ailes de cette espèce, considérés au point de vue qui nous intéresse, sont très voisins de ceux de *Parnassius apollo*. Nous distinguons principalement une région distale transparente et noire et une région proximale opaque et blanche, avec des taches noires.

De même que chez *Parnassius apollo*, les écailles de la région proximale sont blanches, opaques, serrées les unes contre les autres, tandis que la région distale, transparente, comporte des écailles minces, en majorité noires; quelques blanches y sont intercalées. Les conclusions qui découlent des 17 *Parnassius delius* qui ont été examinés sont donc les mêmes que pour la précédente espèce.

Parnassius mnemosyne.

Les caractères de cette espèce, concernant ses dessins, sont des plus simples; ils peuvent se résumer ainsi :

L'aile supérieure se divise en deux régions: une proximale blanchâtre et opaque, une distale, moins étendue, noire et transparente. Dans la portion proximale se remarquent 3 taches noires, dont une transparente, qui fait quelquefois défaut, et deux opaques. L'aile inférieure est uniformément blanchâtre et opaque ; elle est ornée de deux taches noires. A l'extrémité de chaque nervure, nous trouvons un petit triangle allongé, noir et transparent. Ces caractères se rapportent aux deux sexes ; mais, chez les femelles, il arrive fréquemment que la portion distale des ailes supérieures soit plus large, comparativement, que chez les mâles. Chez certaines aberrations, la transparence gagne quelques-uns des caractères normalement opaques ; nous étudierons plus loin ces formes spéciales.

De même que pour les précédentes espèces, les écailles de *Parnassius mnemosyne* se rattachent à deux types distincts : des larges et arrondies et des minces et grêles ; ces dernières ne se trouvent que dans la région distale, transparente où elles

sont noires, assez éloignées les unes des autres, tandis que les larges et arrondies n'existent qu'à la portion proximale, opaque, où elles sont blanches et serrées les unes contre les autres.

A l'aile inférieure, les écailles minces, noires, se rencontrent surtout dans les triangles transparents qui accompagnent l'extrémité des nervures. Mais nous devons mentionner qu'il y a des écailles minces et blanches sur une faible étendue, tout le long de la bordure marginale de cette aile.

Nous avons signalé qu'une des taches noires de l'aile supérieure est transparente; cette tache est diversement constituée suivant les individus. Sur 15 mâles examinés et provenant des environs de Louèche, nous avons trouvé que trois sortes d'écailles noires concourent à la formation de cette tache:

1° Les unes du type arrondi et de même taille que les blanches de la portion proximale;

2° Les autres du type mince et grêle, comme les noires de la portion distale;

3° Enfin des écailles qui tiennent le milieu entre les deux types précités.

Chez 4 individus, les écailles 1 dominent pour former cette tache; chez 7 individus, ce sont les écailles intermédiaires qui sont en plus grand nombre et chez 4 individus, ce sont surtout les écailles 2 qui s'y trouvent.

Nous voyons donc que lorsque la tache transparente existe chez certains individus de *Parnassius mnemosyne* c'est *le plus souvent (11 cas sur 15) par la réduction de la taille des écailles que ce caractère prend naissance,* et non pas seulement par une diminution du *nombre* de celles-ci.

Le sexe féminin, chez *Parnassius mnemosyne,* donne lieu à un certain nombre d'aberrations, dont l'ab. *melaina* et l'ab. *hartmanni* sont les plus caractéristiques; l'une et l'autre sont fortement mélanisantes.

L'ab. ♀ *melaina* est caractérisée, aux ailes supérieures, par le fait que la portion distale et transparente s'agrandit et envahit parfois presque complètement la portion proximale opaque. Aux ailes inférieures, il se forme une bande marginale transparente. Nous avons étudié 8 femelles de cette aberration et nous avons trouvé que les écailles, pour former les parties anormalement transparentes, n'ont modifié ni leur forme ni leur taille, mais que c'est leur nombre qui a diminué. Cette portion transparente comporte en effet des écailles du type arrondi, blanches et noires; leur nombre ayant diminué, ces écailles se trouvent plus espacées et c'est de là que provient la transparence de l'aile. Quant à la bande transparente marginale, elle est composée, comme normalement, d'écailles du type aminci.

Dans l'ab. ♀ *hartmanni,* les 4 ailes sont transparentes et d'un noir uniforme; on ne peut plus faire de distinction entre une région proximale et une région distale.

Or l'examen microscopique de l'unique exemplaire que nous ayons entre les mains, montre que la région correspondante à la partie transparente des individus normaux a seule des écailles du type mince ; partout ailleurs les écailles sont du type arrondi. C'est en somme la même chose que chez *melaina*, mais, alors que chez celle-ci les régions anormalement transparentes possèdent des écailles noires et des blanches, chez *hartmanni elles sont toutes noires*.

Nous concluons de ce qui précède :

1° Que la transparence de l'aile n'est pas toujours accompagnée d'une réduction de la taille des écailles.

2° Que le pigment, normalement blanc, des *Parnassius mnemosyne* peut se modifier en un pigment noir.

3° Que des aberrations transparentes peuvent être mélanisantes.

Nous devons revenir encore sur la transparence des ailes des 4 dernières espèces étudiées *(Aporia crataegi, Parnassius apollo, P. delius, P. mnemosyne)*. Cette transparence, avons-nous vu, se produit de deux manières : les écailles deviennent plus petites et, dans ce cas, elles ne se joignent plus, en sorte que des vides se produisent entre elles. Mais il peut se faire aussi que les écailles conservent leur taille habituelle ; dans ce cas, pour présenter entre elles les vides qui sont la cause de la transparence, elles doivent forcément être passablement moins nombreuses ; c'est le premier mécanisme qui crée la transparence chez les 4 espèces types, tandis qu'au contraire c'est le second qui intervient dans les ab. ♀ *melaina* et *hartmanni*.

Melitæa athalia.

En dessus, la couleur du fond est fauve ; les quatre ailes sont traversées, dans le sens de la largeur, par 5 ou 6 bandes noires sinueuses et, dans le sens de la longueur, par des filets noirs suivant les nervures.

En dessous, les ailes supérieures sont fauves également, avec quelques dessins noirâtres ; les inférieures sont d'un blanc crème, avec des dessins jaunâtres, des bruns, des bruns foncés, et des noirs.

Les écailles de cette espèce se rattachent à 3 types distincts : des longues et grêles, dont l'extrémité distale contient quelques dents, des larges et arrondies avec dents, et des larges et arrondies, sans dents.

Ce que nous considérerons surtout, dans l'examen des dessins de cette espèce,

c'est la gradation de couleur qu'ils présentent. En effet, si nous allons du plus clair au plus foncé, nous trouvons que ces dessins ont les nuances suivantes :

Dessous : blanc-crème (I), fauve pâle (II), fauve (III), brun fauve (IV), brun (V), noir (VI).

Dessus : fauve (III), brun fauve (IV), noir (VI).

Taches blanches du dessous (I). Les taches blanches du dessous affectent des nuances diverses suivant les individus que l'on considère ; elles sont, dans la plupart des cas, d'un blanc laiteux ; mais on trouve parfois des individus chez lesquels elles sont jaune pâle, jaunes, et même brun clair. Examinons d'abord les écailles détachées d'individus où ces taches sont d'un blanc laiteux.

Ces écailles sont presque transparentes et décomposent activement la lumière. La quantité de pigment qu'elles contiennent est minime. En superposant deux écailles, elles ne donnent pas une image blanche, mais une image *légèrement fauve pâle* ; 3 écailles placées les unes sur les autres prennent une coloration fauve *qui est de même nuance que celle qui caractérise les dessins II.* Un amas plus épais d'écailles apparaît d'un fauve plus foncé, voisin du IV. Nous voyons par là que *les écailles des taches blanches possèdent un pigment fauve*, mais trop peu abondant pour leur donner cette dernière coloration ; elles se montrent donc d'un blanc laiteux.

Chez les individus où les taches blanches sont remplacées par des fauves, les écailles qui les forment contiennent déjà plus de pigment ; lorsque ces taches sont brun foncé l'abondance de leur matière colorante est manifeste.

Taches fauve pâle du dessous (II). Le pigment de leurs écailles apparaît déjà comme plus abondant. Deux écailles superposées donnent une image fauve et trois écailles placées les unes sur les autres atteignent la coloration IV.

Taches brun fauve et brunes du dessous (IV et V). Ici, les écailles commencent à devenir opaques, surtout à leur extrémité distale ; leur extrémité proximale est encore assez souvent transparente. Le pigment est donc beaucoup plus abondant que dans les dessins plus clairs. Nous superposons deux écailles de la nuance IV et la figure ainsi produite atteint la coloration V ; nous plaçons l'une sur l'autre deux écailles de la coloration V et c'est la teinte VI qui est reproduite.

Taches brun fauve et noires du dessus (IV et VI). En ce qui concerne les écailles du dessus (IV), nous voyons qu'elles contiennent un pigment abondant, et qu'un groupe de 3 ou 4, en superposition, donne une image compacte, très foncée, de la même couleur que VI.

Les écailles des dessins noirs (dessus et dessous) ne contiennent pas toutes la même dose de pigment ; il y en a qui sont moins pigmentées et qui se montrent brunes, de la même teinte que V ; d'autres regorgent de matière colorante et sont opaques ; elles paraissent alors d'un brun très foncé, presque noir ; en en superposant deux on n'arrive pas à produire une image réellement noire, comme cela a été le cas pour les écailles brunes des Piérides.

Récapitulant ce que nous venons de dire, nous voyons que :

1° Les écailles des taches blanches contiennent un pigment fauve en quantité minime :

2° Plus un dessin est foncé, plus ses écailles contiennent de pigment ;

3° Les écailles de chaque tache, en superposition de deux, donnent une image qui est de la même couleur que la tache de rang immédiatement plus foncé.

Nous concluons de ces recherches, pratiquées sur un grand nombre de *Melitæa athalia* :

Il n'existe, pour former les différents dessins de cette espèce, qu'un seul pigment, qui est fauve ; réparti en infime quantité dans les écailles, il les colore à peine (taches blanc laiteux) ; en plus grande quantité, il leur donne une teinte fauve ; en plus grande quantité encore, une teinte brune, et plus ce pigment s'amasse avec abondance, plus l'écaille atteint une coloration foncée, qui peut devenir, dans les cas d'extrême surcharge pigmentaire, d'un brun si intense qu'il semble noir.

L'examen des ailes entières de plusieurs individus de cette espèce confirme les conclusions qui découlent de l'examen microscopique des écailles.

Beaucoup de *Melitæa athalia* ont des taches qui, loin d'être noires, se montrent comme étant parfaitement brunes ; nous possédons 8 exemplaires (1 de Bérisal, 1 de Saas-Fee et 8 de Genève) qui sont ainsi ; deux de nos aberrations *asteriades* ont aussi des taches brunes et tous sont de première fraîcheur. Ces aberrations n'ont donc pas acquis, au cours de leur développement, la quantité de pigment nécessaire dans leurs dessins les plus foncés.

Examen de 4 exemplaires des aberrations mélanisantes navarina et aphæa. Ces aberrations sont caractérisées par le fait, qu'en dessus, la moitié proximale de l'aile est presque uniformément d'un brun noir. L'examen de cette partie de l'aile nous apprend qu'on y trouve presque exclusivement des écailles de la teinte VI, au milieu desquelles quelques-unes seulement de la teinte V. En dessous, l'ab. *aphæa* est parsemée de longs traits en éventail d'un brun noir intense et qui sont formés en majorité par des écailles de la teinte VI.

Les écailles de ces parties sont opaques et, au microscope, à la lumière directe, on peut se rendre compte qu'elles sont bien réellement d'un brun foncé, avec énorme surcharge pigmentaire.

Examen de 3 individus de l'aberration albinisante corythalia. Ces aberrations se font remarquer par l'absence presque complète des taches noires sur les dessus des ailes supérieures. A la place de ces dessins, existent des écailles à coloration fauve (III et IV). Or, les parties claires des ailes de ces aberrations qui remplacent les parties foncées correspondantes des ailes des individus ordinaires, contiennent le pigment en petite quantité.

D'après ce que nous venons de voir, le mode de formation des aberrations mélanisantes de *Melitæa athalia* est des plus simples. Ces individus, au cours de leur nymphose, n'ont pas modifié leur pigment fauve en un pigment brun ou noir; ils ont simplement fabriqué une plus grande quantité du pigment normal fauve, qui s'est amassé dans certaines écailles pour les rendre opaques et les faire paraître brunes ou noires. Pour les aberrations albinisantes, c'est le contraire qui se présente.

Melitæa parthenie.

Cette espèce est si voisine de la précédente que nous nous abstiendrons de la décrire. Disons seulement que l'examen d'une quinzaine d'individus nous a amené exactement aux mêmes conclusions que celles qui sont résultées des recherches pratiquées avec des *Melitæa athalia.*

Melitæa aurinia.

La couleur du fond, en dessous, est la même que pour *Melitæa athalia;* ce qui fait paraître *M. aurinia* plus claire, c'est que les dessins noirs sont moins étendus. Ils consistent en 6 bandes transversales brun foncé, minces, sinueuses, souvent anastomosées, et en filets longitudinaux qui suivent les nervures. Bandes et filets, par le fait de leur entrecroisement, délimitent des quadrilatères irréguliers, dont les uns sont fauves, les autres brun fauve. En dessous, nous trouvons, aux ailes inférieures, des taches fauves et des bandes transversales brun clair ou brun fauve. Nous ne décrivons, cela va sans dire, que les caractères qui sont utiles aux recherches que nous poursuivons.

L'examen de 15 individus, mâles et femelles, pratiqué selon la même méthode que nous avons suivie jusqu'à maintenant, nous amène encore aux mêmes conclusions que pour les deux précédentes espèces : il n'y a qu'un seul pigment fauve pour former les différents dessins de *Melitæa aurinia :* amassé en petite quantité, ce pigment ne donne aux écailles qu'une coloration pâle ; en plus grande quantité, une coloration plus foncée, fauve et, lorsque les écailles en sont surchargées, elles deviennent si opaques qu'elles apparaissent d'un brun très foncé.

C'est surtout chez *Melitæa aurinia* qu'il est facile de se rendre compte que les écailles qui constituent les dessins les plus foncés contiennent un pigment fauve très serré ; il suffit, pour cela, d'en détacher un certain nombre ou d'en superposer deux ou trois et de les examiner à la lumière directe, au microscope.

Expériences de température élevée avec des chrysalides de Melitæa aurinia.

Quelques expériences ont été pratiquées, en 1908, avec les chrysalides de cette espèce. Elles ont consisté à soumettre 40 de ces chrysalides pendant les 8-10 premiers jours de leur formation à une température de 45 °.

28 Papillons sont issus de ces expériences, dont 18 seulement ont été modifiés dans leurs caractères pigmentaires. Les aberrations obtenues sont de 3 types :

I. *Aberrations mélanisantes* (4 ♀ et 5 ♂)

a) 3 individus, semblables, en dessus, à l'ab. mélanisante *merope* (des Alpes).

b) 6 « se rapprochant, sauf quant à leur taille qui reste inférieure, de l'ab. *orientalis*.

II. *Aberrations albinisantes.* (2 ♀ et 5 ♂).

Leur caractère consiste en un éclaircissement général des deux faces des ailes : les dessins noirs sont devenus nettement d'un *brun grisâtre*.

III. *Aberrations à la fois mélanisantes et albinisantes.* (3 ♂).

a) 2 individus chez lesquels la couleur du fond s'est éclaircie, tandis que certaines bandes noires ont augmenté d'intensité et de largeur.

b) 1 individu remarquablement modifié : la couleur du fond est éclaircie et les bandes transverses, à l'exception d'une seule, ont disparu. En revanche, les filets longitudinaux sont devenus de véritables bandes.

Nous allons examiner l'arrangement des écailles des différentes parties de ces aberrations :

I. *a)* Ces aberrations mélanisantes sont voisines de l'ab. *merope :* c'est-à-dire que les bandes transversales ont pris tellement d'ampleur qu'elles masquent

presque complètement la couleur du fond. Chez *Merope*, les écailles sont presque toutes dentées; chez les individus en question, elles sont presque toutes sans dents.

b) Les caractères mélanisants consistent dans l'intensité de coloration de toutes les parties.

Dans les deux cas, les écailles qui constituent les bandes contiennent un pigment très abondant et sont fortement opaques ; en outre, elles sont *plus larges* et souvent, aussi, plus allongées que les écailles correspondantes des individus normaux. (Pl. 5, fig. 5, *c*). Par conséquent, elles chevauchent davantage les unes sur les autres; on se rend compte également de la chose par l'examen direct des ailes. Il se forme, de cette façon, un plus grand entassement des éléments colorés qui, joint au fait que les écailles contiennent plus de pigment que normalement, contribue à renforcer la teinte de ces bandes. Quant à l'intensité de la couleur du fond des aberrations de la catégorie *b*, on reconnaîtra qu'elle est due au fait que les écailles contiennent plus de matière colorante que dans les parties correspondantes des individus normaux.

II. Les aberrations albinisantes provenant de ces expériences se font surtout remarquer par la pâleur de leurs ailes; les bandes sont d'un *brun grisâtre*. Cette pâleur est le résultat de trois mécanismes différents :

1° Les écailles sont plus petites que normalement ; souvent déformées, amincies; elles ont pris une forme lancéolée particulière (Pl. 5, fig. 5, *b*); l'aile se trouve donc couverte d'éléments de coloration plus petits.

2° Par le fait de la dimension réduite et de la forme lancéolée des écailles, des jours se forment entre celles-ci, en maints endroits, ce qui laisse filtrer la lumière et contribue à donner aux bandes cet aspect grisâtre qu'elles ont.

En outre, en examinant les ailes entières, nous remarquons que quelques-unes de ces écailles sont recourbées, leurs deux bords latéraux s'étant relevés; cette disposition crée également des jours de chaque côté de ces écailles et, si cela venait à se répéter souvent sur une même aile, on conçoit l'éclaircissement que prendrait celle-ci[1].

3° Le pigment est moins abondant que normalement.

III*a*. Chez les individus de cette expérience, la couleur du fond s'est éclaircie, tandis que certaines taches noires sont devenues plus intenses et plus larges.

Les écailles des parties éclaircies contiennent peu de pigment et plusieurs d'entre elles sont plus petites que normalement. Les écailles des taches noires sont

[1] P. Denso, dans un travail en préparation, a trouvé que les écailles des parties albinisantes de divers Papillons sont souvent recourbées de cette façon.

rendues très opaques par l'abondance du pigment; plusieurs d'entre elles se sont agrandies.

b) De même que pour *a*, les écailles de la couleur du fond sont peu pigmentées et plusieurs ont diminué de taille. Quant aux écailles des taches noires, en outre de leur extrême abondance de pigment, elles se font remarquer par leur grande taille (Pl. 5, fig. 5, *c*).

Les principales conclusions à retenir de ces expériences sont les suivantes :

1° *Les parties devenues albinisantes sont formées d'écailles dont beaucoup sont plus petites que normalement; inversement, les parties devenues mélanisantes comportent un certain nombre d'écailles qui se sont agrandies.*

2° Dans les modifications que présentent les écailles, *il y a corrélation entre leur taille et leur degré de pigmentation :* la plupart des écailles qui ont reçu une moins grande dose de matière colorante qu'habituellement sont restées plus petites, et la plupart de celles qui, au contraire, en ont reçu une plus grande quantité ont augmenté de taille. Cela met en évidence le rôle que joue, dans la taille de l'écaille encore molle, la pression du pigment injecté. FEDERLEY (1905, 35) a du reste montré cette influence dans ses expériences de température avec d'autres espèces.

Mais, dans les individus normaux, la taille des écailles foncées n'est pas plus grande que celle des écailles claires; il faut donc en conclure que la corrélation indiquée est surtout le résultat de l'expérience; sous l'influence de la température, il y a certaines écailles qui sont plus aptes que d'autres à recevoir une surcharge de matière colorante.

Melitæa cinxia.

Les caractères qui nous intéressent consistent en une couleur du fond fauve et en des bandes noires, transversales, coupées par des filets de même couleur, suivant le trajet des nervures. En outre, les ailes inférieures possèdent une série linéaire de points noirs. En dessous, les ailes inférieures comportent des taches d'un blanc laiteux et d'autres, fauves, brun fauve, et brunes.

L'étude des écailles de ces différentes parties, pratiquée de la même façon que précédemment, donne les mêmes résultats que pour les autres *Melitæa*, c'est-à-dire qu'il n'existe, pour former les dessins de cette espèce, *qu'un seul pigment, fauve.*

Expériences de température élevée avec des chrysalides de Melitæa cinxia.

35 chrysalides ont été soumises, en 1908, pendant les 6 à 8 premiers jours de la nymphose, à une température constante de 46°. 18 Papillons sont issus de ces expériences, dont 12 ont été modifiés; ceux-ci peuvent se classer en trois catégories :

I. *Individus mélanisants* (3 exemplaires).

Se remarquent par un accroissement notable de la taille des bandes et par une accentuation appréciable de leur teinte.

Nous n'avons pas trouvé de modification dans la forme des écailles; celles qui constituent les bandes sont plus opaques et, par conséquent, simplement plus chargées de pigment que normalement.

II. *Individus albinisants* (7 exemplaires remarquablement modifiés).

Les bandes transversales noires des deux ailes, sauf la marginale, ont disparu et sont remplacées par la couleur du fond; celle-ci n'est pas modifiée dans sa nuance habituelle. Cette disparition des bandes suffit pour donner au Papillon un aspect tout différent. En dessous, les taches blanches se sont fortement allongées au détriment des dessins foncés, ce qui donne encore au Papillon un aspect très particulier (Pl. 2, fig. 11).

Nous n'avons pas trouvé, non plus, de modification dans la forme des écailles de ces 7 aberrations. Le mécanisme de l'albinisme partiel, dans ce cas, réside simplement dans la quantité moindre de pigment et dans sa répartition différente dans les dessins.

III. *Individus à la fois mélanisants et albinisants.*

a) Un individu se trouve être comme ceux de la catégorie II, en ce qui concerne les ailes supérieures, et comme ceux de la catégorie I, quant aux inférieures. En outre, l'*aile supérieure droite* est très pâle, avec les dessins effacés, d'un brun grisâtre très curieux (Pl. 2, fig. 10).

L'albinisme des ailes supérieures est produit de la même manière qu'à la catégorie II, et le mélanisme des ailes inférieures, comme dans la catégorie I. Quant à la teinte brun grisâtre de l'aile supérieure droite, elle résulte de deux mécanismes :

1° Les écailles des bandes contiennent moins de pigment que normalement.

2° La plupart de ces écailles sont devenues *bombées*, convexes, leurs deux

bords latéraux s'étant repliés. En examinant, au microscope et à la lumière directe, ces écailles en place sur l'aile, nous voyons qu'elles réfléchissent la *lumière blanche* et que ce phénomène est très appréciable ; les dessins noirs se trouvant ainsi parsemés d'écailles blanches, c'est ce qui leur donne cette teinte grisâtre particulière. Nous retrouvons, ici, produit par ces écailles bombées, un phénomène identique à celui que nous avons signalé pour *Pieris rapæ*.

b) Un individu dont toutes les bandes sont d'un brun grisâtre, comme dans l'aile supérieure droite du cas précédent. La couleur du fond est d'un fauve rougeâtre.

L'examen microscopique des bandes montre que cet individu possède beaucoup d'écailles bombées et peu pigmentées, comme dans le cas précédent. Nous avons étudié ce phénomène attentivement, car il n'est pas facile à comprendre ; il est bien réel. La surface des écailles des individus normaux est *plane ;* leur pigment est abondant. Sur le bord qui se trouve dirigé du côté où arrive la lumière, c'est à peine si l'on remarque un petit filet irisé brunâtre. Nous remplaçons, sous le microscope, l'individu normal que nous venons d'examiner par l'individu modifié, et il est manifeste que la majorité des écailles des parties modifiées contiennent peu de pigment, sont bombées et présentent *une large bande blanche à reflets métalliques* du côté de la lumière.

Quant à la couleur du fond, devenue d'un fauve rougeâtre, nous remarquons que cette teinte n'est due qu'à une plus grande abondance du pigment normal.

L'ensemble des recherches pratiquées avec les 4 espèces de *Melitæa* précitées, montre *l'un des mécanismes de l'albinisme et du mélanisme chez les Lépidoptères ;* ce mécanisme n'est qu'une question de *plus ou moins grande abondance d'un seul et même pigment* (fauve dans le cas particulier).

Les ailes des *Melitæa* comportent donc des écailles qui, suivant les places qu'elles occupent sur les ailes, n'ont pas toutes le même pouvoir de recevoir le pigment et, de la quantité qu'elles reçoivent provient leur degré de coloration. On conçoit donc, pour les individus de ce groupe, comment se forment les aberrations. L'agent modificateur qui intervient pour les produire porte son action sur la physiologie des individus et leur fait fabriquer plus de pigment qu'habituellement (aberrations mélanisantes) ou moins de pigment que de coutume (aberrations albinisantes). Dans le premier cas, le surplus de la matière colorante produite s'amasse en certaines places qui sont plus aptes à la recevoir. Dans le second cas, les écailles ne reçoivent pas la dose voulue.

En outre du mécanisme qui provient de la plus ou moins grande quantité de

pigment, il s'en présente d'autres, tels que ceux que les expériences précédentes viennent de mettre en évidence; ces derniers mécanismes concourent donc à accentuer le rôle du pigment dans la production du mélanisme et de l'albinisme.

Nous retiendrons encore des expériences qui ont été pratiquées avec *Melitæa aurinia* et *Melitæa cinxia* que, sous l'influence d'un même excitant (c'est-à-dire d'une température de 40° pour les individus de la première espèce et de 46° pour ceux de la seconde), les Papillons se sont modifiés de *deux façons différentes,* en produisant aussi bien des aberrations mélanisantes que des albinisantes. En outre, certains individus ont réagi, à la fois, dans les deux sens opposés.

Quelques espèces du genre Erebia.

Les *Erebia* montrent, d'une façon toute spéciale, comment un pigment *brun* colore les ailes en *noir* lorsqu'il est abondant. Certaines espèces de ce genre ont les ailes brunes; d'autres paraissent réellement noires. Or les écailles de ces dernières contiennent la matière colorante en surcharge, tandis que les premières en sont moins colorées. Mais, dans les deux cas, le pigment est brun. En outre, chez les *Erebia* qui paraissent noires, les écailles sont plus nombreuses et chevauchent davantage les unes sur les autres.

Les espèces du genre *Erebia* comportent une couleur du fond brun foncé et des bandes ou des ocelles fauves.

Chez *Erebia æthiops,* les écailles du fond sont colorées par un pigment *brun gris,* et celles de la bande par un pigment *brun rouge.* Les écailles de chacune de ces deux parties présentent le même degré d'opacité et, en superposant deux ou plusieurs des écailles de la bande, la figure ainsi produite ne change pas de couleur. Le dessous des ailes est disposé comme le dessus. Cela nous montre qu'il existe deux pigments différents (brun gris et brun rouge) pour former les dessins d'*Erebia æthiops.*

Chez *Erebia ceto,* les écailles du fond possèdent un pigment brun gris et les écailles des ocelles, une matière colorante brun rouge. Comme pour *E. æthiops,* deux pigments concourent à la production des dessins. Mais il existe une différence avec *æthiops* pour la constitution de la couleur du dessous: chez *E. ceto,* les deux sortes d'écailles, à des degrés divers d'opacité, sont mélangées.

Chez *Erebia euryale,* il existe également deux matières colorantes pour former le fond et la bande. Le pigment brun gris est localisé à la couleur du fond et le pigment brun rouge à la bande. Le dessous des ailes supérieures est constitué de

même. Mais le dessous des inférieures est disposé comme chez *E. ceto*, avec mélange des deux sortes d'écailles.

Chez *Erebia tyndarus*, il existe, de même, deux pigments différents (brun gris et brun rouge). L'organisation du dessus des quatre ailes est la même que pour *E. æthiops*. Le dessous des ailes supérieures comporte presque exclusivement des écailles brun rouge, à des degrés divers d'opacité, comme celles de la bande de l'aile supérieure. Le dessous des ailes inférieures se compose presque exclusivement d'écailles brun gris, comme celles de la couleur du fond des supérieures.

Certains individus du genre *Erebia* ont le dessous des ailes inférieures marbré de gris, de brun et de noir. Ici, on remarquera qu'un grand nombre d'écailles sont incolores ou presque incolores, c'est-à-dire blanches, et que ce sont elles qui, en combinant leur couleur avec les écailles normales brun gris, forment les parties claires. Dans les parties plus foncées, le pigment normal est plus abondant; dans les parties de teinte intermédiaire, les écailles incolores sont moins nombreuses.

Erebia tyndarus varie énormément en ce qui concerne le dessous de ses ailes inférieures; ces variations proviennent simplement de combinaisons variées d'écailles à pigment brun gris à des degrés divers d'opacité.

Il convient de comparer l'organisation pigmentaire des espèces du genre *Erebia* avec celle des *Melitæa*. Dans les deux cas, les couleurs sont les mêmes: elles s'étendent du blanc au brun foncé donnant l'illusion du noir, en passant par des intermédiaires de coloration que l'on rencontre chez les *Erebia* comme chez les *Melitæa*. Or, dans le premier cas, il existe deux pigments distincts, dans le second cas un seul pigment, pour produire les mêmes couleurs.

Argynnis paphia.

Les caractères dont nous nous occuperons, chez cette espèce, résident dans la différence de coloration entre le mâle et la femelle et entre la femelle et son ab. *valesina*. A part les dessins noirs, qui diffèrent légèrement suivant les sexes, la couleur générale fauve de l'aile est plus claire chez le mâle que chez la femelle. Quant à l'ab. *valesina*, elle est d'un brun grisâtre, parfois d'un brun rouge presque noir avec reflets métalliques verdâtres.

Le pigment du mâle est le même que celui de la femelle; mais chez cette dernière il est plus abondamment répandu dans les écailles; en outre, la couleur générale des femelles comporte une plus grande proportion d'écailles noires que dans les

mêmes parties, chez les mâles. C'est par la méthode de superposition des écailles que nous sommes surtout arrivés à ces conclusions. Il n'y a donc pas *production, chez la femelle, d'un pigment plus foncé.*

L'ab. ♀ *valesina* doit sa couleur foncée à un mécanisme analogue, en ce sens que, dans la couleur générale de l'aile, les écailles noires sont presque les seules qui s'y rencontrent. Beaucoup de ces écailles noires, en outre, contiennent peu de pigment et apparaissent comme grises.

D'autre part, dans l'espèce comme dans son aberration, les écailles des parties noires contiennent un pigment *brun,* mais dont l'abondance les fait paraître noires. Nous n'avons pu discerner, dans ce cas particulier, si le pigment brun des taches noires est le même que celui de la couleur générale, comme cela est le cas pour les espèces du genre *Melitæa;* en effet, *Argynnis paphia* ne comporte pas assez d'intermédiaires de coloration entre la couleur du fond et les dessins noirs pour permettre d'élucider ce problème.

Argynnis aglaja et niobe.

Lorsqu'il existe une différence de coloration entre le mâle et la femelle, elle est due aux mêmes mécanismes que pour la précédente espèce.

Aberrations alpines femelles de diverses espèces du genre Argynnis.

Dans les Alpes, les femelles de plusieurs espèces du genre *Argynnis* ont, parfois, le dessus de leurs ailes qui présentent des reflets métalliques *bleutés* et *violacés.* Ces reflets métalliques disparaissent suivant l'orientation donnée à l'aile par rapport à la direction de la lumière. Les écailles fauves sont constituées comme normalement; mais un grand nombre sont incolores ou à peu près. Elles fonctionnent donc comme autant d'éléments décomposant les radiations de la lumière. C'est ce qui donne, à ces aberrations, ce reflet métallique particulier. Quant aux parties noires, leurs écailles sont très colorées; seulement, *au-dessus d'elles,* on remarque un certain nombre d'écailles incolores, transparentes, qui jouent le même rôle que les incolores des parties fauves, sans amoindrir la couleur noire des écailles sous-jacentes.

Taches nacrées du dessous de diverses espèces d'Argynnis.

L'origine de ces taches n'est pas facile à déceler. Leurs écailles, détachées et regardées au microscope à la lumière transmise, ne semblent pas être colorées par un pigment. Si elles en contiennent, celui-ci est donc blanc et en très petite quantité. A la lumière directe, elles se montrent d'un blanc métallique avec reflets argentés, *mais elles ne décomposent, en aucune façon, les radiations lumineuses.* En outre, l'aspect nacré caractéristique ne se présente que sur les ailes entières.

D'autre part, chez les aberrations où les taches nacrées font défaut et sont remplacées par la couleur générale de l'aile, les écailles de ces parties sont colorées par le pigment fauve du fond; dans ce cas, le pigment est abondant, compact et empêche toute espèce de jeu de lumière.

Il semble donc que l'origine des taches nacrées soit due à la présence, dans les écailles de ces taches, d'une faible proportion d'un pigment blanc et de l'action d'un phénomène d'optique difficile à comprendre; ce phénomène n'ayant son effet que sur les ailes entières (l'aspect nacré ne se présente pas sur les écailles détachées), cela montre que l'écran formé par l'autre face de l'aile est nécessaire pour la production des taches nacrées.

Papilio podalirius.

Les seuls caractères dont nous nous occuperons sont les suivants : ailes d'un jaune pâle, avec des bandes noires transverses, alternativement grandes et petites.

Examen des écailles. — Les écailles qui composent le fond de l'aile varient passablement quant à leur taille et quant à leur forme. Elles sont colorées, d'une manière uniforme, par un pigment jaune qui s'étend sur toute leur surface; c'est à peine si, de temps en temps, on trouve une écaille dont la matière colorante ne la colore pas en entier. Malgré la pâleur de ce pigment jaune, les écailles sont peu transparentes et ne décomposent généralement pas les radiations lumineuses.

Les écailles des bandes noires sont excessivement opaques ; elles sont de deux sortes : les unes contiennent du pigment sur toute leur étendue; dans les autres, celui-ci ne s'étend pas jusqu'à l'extrémité proximale. Le pigment de ces bandes n'est pas noir, mais *brun foncé.*

Expériences de température élevée avec des chrysalides de Papilio podalirius.

Ces expériences ont eu lieu en 1907.

1° 50 chrysalides, reçues d'Allemagne le 2 octobre, sont placées, dès leur réception, dans une température constante de 35°. Leur éclosion se poursuit du milieu de novembre au milieu de décembre.

2° 30 chrysalides, de même provenance que les précédentes, sont placées, pendant la journée, dans la température de 35° et pendant la nuit, dans la température du laboratoire (18-20°). L'expérience dure depuis la réception des chrysalides jusqu'au moment de leur éclosion qui a lieu dans le courant de janvier 1908.

Dans les deux cas, les Papillons, à part une dizaine qui sont restés normaux, ont subi les mêmes modifications de couleur; celles-ci sont les suivantes :

Ailes d'un jaune excessivement pâle, parfois d'un blanc laiteux; bandes le plus souvent très pâles, avec reflets brunâtres.

Un commencement de transparence des ailes a été constaté chez 3 individus.

Les caractères de ces aberrations sont donc nettement *albinisants*.

Examen des écailles. — Les écailles de la couleur du fond, examinées séparément au microscope, sont transparentes; pour la plupart, la transparence existe surtout à l'extrémité proximale; à la lumière directe, ces écailles se montrent comme très faiblement colorées en jaune. Si nous en superposons deux, la figure qu'elles donnent est d'un jaune légèrement plus foncé; si nous en superposons trois ou quatre, la couleur ainsi obtenue est d'un jaune semblable à celui des écailles des Papillons normaux.

Le pigment jaune des individus albinisants est donc le même que celui des Papillons non modifiés; mais il est moins abondant. La pâleur des ailes, dans ce cas, *n'est par conséquent pas due à la présence d'un pigment plus pâle, mais au pigment normal réparti en moins grande abondance.*

Les écailles des bandes sont nettement brunes; leur examen microscopique ne laisse aucun doute au sujet de leur couleur. En outre, elles sont peu opaques; plusieurs sont transparentes à leur extrémité proximale. La superposition de deux ou trois de ces écailles reproduit un brun si foncé qu'il apparaît comme noir.

Le pigment brun des bandes des individus albinisants est donc le même que celui des bandes des individus normaux, mais il est moins abondant. De même que pour la couleur du fond, la couleur brunâtre des bandes *n'est pas due à la présence*

d'un pigment modifié et plus pâle, mais au pigment normal réparti en moins grande abondance.

Pour ce qui est de la légère transparence des ailes constatée chez 3 individus, nous remarquons qu'elle provient du fait qu'au milieu des écailles jaunes à pigment réduit, il en existe un certain nombre qui sont presque incolores.

Vanessa urticæ.

Les ailes de cette espèce sont d'un fauve vif, avec frange brunâtre, accompagnée d'une bordure noire, dans laquelle se trouvent des lunules bleues. Ailes supérieures avec six taches noires, dont 3 costales, grandes, séparées par des éclaircies jaunes et suivies, à l'angle apical, par une tache blanche, et les trois autres, plus petites, discoïdales; la plus inférieure de ces trois taches est éclaircie extérieurement de jaune. Ailes inférieures anguleuses vers la moitié du bord externe, avec la base noire, accompagnée d'un triangle clair. Chez la femelle les éclaircies jaunes sont plus larges.

Chez certains individus, la frange devient noire et se confond alors avec la bordure; les lunules varient de taille et les éclaircies jaunes peuvent devenir assez foncées pour se confondre avec le fauve vif de la couleur du fond.

Examen des écailles. — Les écailles de chaque tache et celles de la couleur du fond ont la même forme et à peu près la même taille et la même structure (Pl. 5, fig. 1, *a*); elles peuvent se ramener à trois types : des minces, des larges et des arrondies.

L'examen microscopique d'ailes entières et d'écailles détachées de chacune des différentes parties des ailes de *Vanessa urticæ* montre que, dans les parties les plus claires, on trouve les écailles les plus transparentes, tandis que les écailles opaques ne se rencontrent que dans les parties foncées. Ainsi les écailles de la tache apicale blanche sont presque transparentes et décomposent fortement les radiations lumineuses; celles des taches noires sont très opaques et ne jouissent pas de cette propriété. Entre ces deux extrêmes nous constatons les intermédiaires suivants, dont l'opacité augmente avec le degré de coloration : lunules bleues, taches jaunes, fauve vif du fond, frange brune, bordure marginale. Nous confirmons ainsi un des points que nous avons énoncés précédemment, à savoir que le pouvoir qu'ont les écailles de décomposer les radiations lumineuses croit en raison inverse de la quantité de pigment dont sont colorées ces écailles.

Les écailles de la *tache apicale blanche* contiennent un pigment blanc peu abondant, dont nous prouvons l'existence de la même façon que pour le pigment blanc des Piérides; détachées de l'aile, c'est à peine si elles sont blanches; mais si la tache, sur l'aile entière, est d'un blanc beaucoup plus intense que celui de l'écaille détachée, cela provient de la face inférieure de l'aile qui est foncée et fonctionne comme un écran capable de faire ressortir la couleur blanche. Il suffit de comparer les écailles détachées et l'aile entière pour se rendre compte de la chose.

Parmi les écailles qui composent les *parties jaunes*, nous en trouvons passablement qui sont presque transparentes, mais qui contiennent bien un pigment jaune, ainsi que l'indique la superposition de deux d'entre elles. D'autres écailles de ces taches sont plus opaques et, en en plaçant deux l'une sur l'autre, on obtient une figure qui, sans atteindre la teinte de la couleur du fond, s'en rapproche. Chez certains individus, les taches jaunes sont très foncées, presque de la couleur du fond. Cela provient de ce que le pigment jaune y est plus abondant que normalement.

Aux ailes inférieures, la tache triangulaire jaune est souvent blanchâtre vers le bord de l'aile. Cela provient de ce que les écailles à pigment réduit y sont nombreuses.

Ce qui précède semble montrer qu'*un seul pigment (fauve) existe pour former les taches jaunes et la couleur du fond ;* peu abondant, il donne aux écailles une coloration jaune; plus abondant il leur donne la coloration du fond.

Les écailles de la *couleur du fond* contiennent un pigment fauve vif assez abondant, amassé surtout à leur extrémité distale. Nous trouvons parfois des écailles jaunes, mais en trop petite quantité pour que la teinte générale en soit modifiée.

Les écailles détachées des *parties noires,* examinées au microscope, sont nettement *brunes ;* on leur trouve tous les degrés d'opacité et, par conséquent, tous les degrés de coloration; elles apparaissent brunes, aussi bien à la lumière transmise qu'à la lumière directe, et deux d'entre elles, une fois superposées, donnent une image brune. La portion proximale de ces écailles est généralement peu chargée de pigment et brune, tandis que l'extrémité distale est opaque et d'un brun si foncé qu'elle paraît noire; entre ces deux extrémités, la coloration va en se graduant. Nous voyons donc que le pigment des parties noires est *brun ;* si l'on tient compte qu'il est fortement amassé dans la partie distale de l'écaille, la seule qui émerge à la surface de l'aile, que les écailles chevauchent les unes sur les autres, et que la face inférieure de l'aile agit comme écran foncé, on comprendra pourquoi ce pigment brun donne aux taches l'illusion qu'elles sont noires.

La *frange brune* se compose d'écailles brun foncé comme celles des taches noires, de fauves comme celles du fond et de jaunes. C'est la combinaison de ces

trois sortes d'écailles qui, suivant le rapport numérique qui existe entre elles, donne à cette frange une coloration plus ou moins foncée. Nous savons que cette partie de l'aile varie constamment de coloration d'un individu à l'autre et qu'elle peut, parfois, devenir aussi noire que la bordure qui l'accompagne; on conçoit que ce dernier cas proviendra du fait que toutes les écailles qui concourent à la formation de cette frange auront acquis la dose maximum de pigment.

Expériences de température élevée avec les chrysalides et les chenilles de Vanessa urticæ.

Ces expériences ont été pratiquées de 1904 à 1911, avec un très grand nombre d'individus; en effet, dans la plupart des catégories, plus de 200 chrysalides ont été expérimentées; en outre, chaque expérience a été faite plusieurs fois avec des individus des environs de Genève, mais souvent aussi avec des spécimens provenant de la montagne. Un premier point à signaler, c'est que ces derniers paraissent réagir, vis-à-vis de la température, de la même façon que ceux de la plaine. En général, nous récoltions les chenilles de *Vanessa urticæ* dès leur jeune âge, alors que les larves de toute une ponte menaient encore la vie sociale, et nous les élevions dans les meilleures conditions. De cette façon, il nous était possible d'expérimenter sur des chrysalides sœurs, et d'éviter, en quelque sorte, la production de variations individuelles, qui, ainsi qu'on le sait, sont très nombreuses chez les Papillons de cette espèce; un bon nombre de chrysalides, dans chaque cas, furent conservées dans les conditions normales, afin que leurs Papillons puissent être considérés comme témoins.

Disons, en commençant, qu'une forte proportion de Papillons non modifiés sont éclos dans chaque expérience; nous estimons que le chiffre des chrysalides qui n'ont pas réagi vis-à-vis de la température atteint à peu près le 50 $^0/_0$ de celles expérimentées. Ce pourcentage, avec quelque légère variante suivant les cas, est assez général; nous l'avons constaté aussi bien pour les expériences 2 à 16, où la durée d'incubation produit le plus grand nombre d'aberrations typiques (*ichnusoïdes*, *polaris* et forme de passage) que dans les autres expériences. En outre, une mortalité, parfois assez élevée, est venue entraver ces recherches; mais, malgré cela, les résultats sont assez nombreux pour nous permettre d'en tirer des conclusions d'une façon précise. Nous n'indiquerons pas, dans l'exposé des expériences faites avec cette espèce, le nombre des individus qui ne se sont pas modifiés ni celui des chrysalides qui sont mortes au cours de ces recherches; nous nous bornerons à indiquer le chiffre et la nature des aberrations obtenues.

Quelques remarques au sujet du point critique où la chrysalide de Vanessa urticæ est susceptible d'être influencée par la température.

Les auteurs, STANDFUSS, VON LINDEN, FISCHER entre autres, estiment que le fait que des individus puissent ne pas se modifier sous l'influence de la température, alors que d'autres, de même espèce et soumis exactement aux mêmes influences thermiques, se modifient largement, est dû à l'existence, dans la chrysalide, d'un *point critique,* c'est-à-dire d'un moment précis de son évolution nymphale où elle est susceptible d'être atteinte par l'excitant. Ce *point critique* se rencontre dans la première journée qui suit la pupation; l'influence produite à ce moment peut être confirmée ou accentuée par l'action de la température se renouvelant pendant le deuxième jour et même pendant les deux journées suivantes. On conçoit donc que, dans les expériences, il doive arriver souvent que telles chrysalides soient placées dans l'étuve avant ou après le *point critique,* c'est-à-dire à une période de leur développement où elles ne sont pas susceptibles d'être modifiées; de là résulte le fait que des chrysalides, incubées pendant le temps voulu et à la température nécessaire, ne donnent pas naissance à des Papillons qui soient modifiés et, suivant le soin que l'expérimentateur aura pris pour calculer l'instant le plus propice de la mise en expérience, le nombre des non modifiés sera plus ou moins grand.

Les expériences des auteurs que nous venons de signaler ont été faites avec suffisamment de soin et de minutie pour qu'il n'y ait aucun doute à avoir sur l'existence de ce *point critique.* Cependant, nos recherches montrent que si les chrysalides de *Vanessa urticæ* doivent être atteintes par la température à un moment précis de leur ontogénie pour produire les aberrations typiques *(ichnusoïdes, polaris,* etc.), tel n'est pas le cas pour la production des autres aberrations de moindre importance, telles que celles figurées Pl. 2, fig. 13 à 16 et celles représentées Pl. 3. En effet, ces aberrations proviennent aussi bien de chrysalides qui ont été placées, *jeunes,* dans l'étuve, que d'autres, placées plus *âgées,* dans les mêmes conditions expérimentales, pourvu que ces dernières n'aient pas dépassé le troisième jour de leur existence.

Nous signalerons, à titre d'exemple, quelques recherches que nous avons pratiquées à ce sujet :

Les pupes de *Vanessa urticæ,* provenant d'une même ponte, sont divisées en plusieurs lots, qui sont soumis à l'influence d'une même température (45°), mais à des périodes variables de leur évolution ontogénique.

Lot	1.	Chrysalides expérimentées dès leur formation et laissées 7 h. de temps dans l'étuve.					
»	2.	Chrysalides expérimentées dès leur formation,			pendant		14 h.
»	3.	»	»	7 h. après leur formation,		»	7 h.
»	4.	»	»	7 h.	»	»	14 h.
»	5.	»	»	14 h.	»	»	7 h.
»	6.	»	»	14 h.	»	»	14 h.
»	7.	»	»	7 h.	»	»	20 h.

De ces 7 lots, à part le 50 % habituel de non modifiés et la mortalité inévitable, naissent presque toutes les aberrations obtenues dans nos recherches, aussi bien les typiques que celles de moindre importance.

Lot	8.	Chrysalides expér.		24 h. après leur formation,		pendant	7 h.
»	9.	»	»	30 h.	»	»	7 h.
»	10.	»	»	30 h.	»	»	14 h.
»	11.	»	»	2 jours	»	»	14 h.

De ces 4 derniers lots *ne naissent aucunes des aberrations typiques,* mais seulement les aberrations de second ordre, dont la plupart sont identiques à celles de second ordre obtenues des 7 premiers lots.

Nous avons renouvelé cette expérience à plusieurs reprises de 1904 à 1910, en variant l'âge où la chrysalide est placée dans l'étuve et la durée d'incubation, et nous sommes arrivé, chaque fois, à des résultats semblables, c'est-à-dire que les chrysalides de *Vanessa urticæ*, pour produire les aberrations de second ordre, peuvent être atteintes par l'excitant *à n'importe quel moment de la pupation ne dépassant pas le troisième jour.*

Détail des expériences avec les chrysalides de Vanessa urticæ.

1. — *1 h. à 40-45°, le premier jour de la chrysalidation.*
Pas de résultats appréciables.

2. — *2 h. à 40-45°.*

Aberrations mélanisantes obtenues :

1 ab. *ichnusoïdes* (Pl. 2, fig. 17).

1 ab. *polaris* (Pl. 2, fig. 18).

10 individus rouge brique, chez lesquels on remarque la disparition totale ou presque totale des lunules bleues qui ont été envahies par la bordure noire.

5 individus rouge brique avec larges lunules bleues et ailes inférieures en partie noires.

3 individus dont les ailes supérieures ont les dessins d'un noir très vif, la bordure élargie et les lunules agrandies ; ailes inférieures presque entièrement noires.

Aberrations albinisantes.

2 individus chez lesquels les taches noires du centre de l'aile supérieure ont disparu.

18 individus chez lesquels les taches noires sont excessivement petites.

3. — *2 h. le premier jour et 2 h. le deuxième jour de la chrysalidation, à 40-45°.*

Mêmes aberrations qu'au n° 3, avec 2 ab. *polaris*, mais pas d'ab. *ichnusoïdes*.

4. — *2 h. pendant chacun des 3 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Mêmes aberrations qu'au n° 3. En outre, il a été obtenu un individu *albinisant* aux ailes supérieures (disparition des taches noires du centre de l'aile supérieure) et *mélanisant* aux inférieures, qui sont en partie noires et dont les lunules sont presque complètement cachées par une large bordure noire.

5. — *3 h. le premier jour de la pupation, à 40-45°.*

Mêmes aberrations qu'au n° 2. En outre, il a été obtenu un magnifique exemplaire à la fois *albinisant et mélanisant*, dont la couleur du fond, aux supérieures, est pâlie, et dont les lunules bleues se sont considérablement allongées. Les ailes inférieures sont presque entièrement noires et leurs lunules se sont également fortement allongées. (Pl. 2, fig. 12).

6. — *Pendant 3 h., chacun des 2 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Aberrations mélanisantes.

4 ab. *polaris*.

3 ab. *ichnusoïdes*.

2 individus presque entièrement noirs aux ailes inférieures avec lunules peu marquées ; ailes supérieures d'un brun sale.

3 individus avec les ailes inférieures presque entièrement noires, avec une large bordure noire qui dépasse de beaucoup la zone des lunules.

1 individu rouge brique, fortement saupoudré de noirâtre et à larges lunules (Pl. 3, fig. 16).

Les autres aberrations, comme au n° 3.

Aberrations albinisantes.

3 individus normaux, quant à leurs dessins, mais avec les ailes supérieures passablement plus pâles que normalement.

4 individus normaux, mais avec les lunules presque *blanches*.

1 individu chez lequel les trois taches du centre de l'aile supérieure font défaut.

Les autres aberrations comme au n° 3.

7. — *Pendant 3 h. chacun des 3 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Mêmes aberrations albinisantes et mélanisantes qu'au n° 6.

8. — *Pendant 3 h., chacun des 4 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Mêmes aberrations albinisantes et mélanisantes qu'au n° 6, mais sans ab. *polaris* ni ab. *ichnusoïdes*.

9. — *Pendant 2 h., chacun des 5 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Aberrations mélanisantes.

2 individus rouge brique, à bordure noire envahissant les lunules.

Aberrations albinisantes.

2 individus à couleur du fond *rouge jaune.*

3 individus à couleur du fond *rose pâle.*

10. — *Pendant 3 h. chacun des 5 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Aberrations mélanisantes.

8 individus à caractères noirs accentués.

Aberrations albinisantes.

3 individus à couleur du fond parsemée de beaucoup d'atomes jaunes.

Aberrations a la fois mélanisantes et albinisantes.

1 individu jaune sale et *rose*, avec large bordure noire aux 4 ailes.

11. — *Pendant 3 h. chacun des 6 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Aberrations mélanisantes.

12 individus, à couleur du fond rouge brique.

Aberrations albinisantes.

3 individus assez pâles.

1 individu dont la couleur du fond des ailes inférieures est *jaune pâle*, avec bordure *grisâtre.*

12. — *Pendant 4 h. le premier jour de la pupation, à 45°.*

Mêmes aberrations qu'au n° 3. En outre, 1 individu *albinisant*, dont l'aile antérieure gauche est en partie transparente.

13. — *Pendant 5 h. le premier jour de la pupation, à 45°.*

Mêmes aberrations qu'au n° 3.

14. — *Pendant 6 h. le premier jour de la pupation, à 45°.*

Mêmes aberrations qu'au n° 3.

15. — *Pendant 7 h. le premier jour de la pupation, à 40-45°.*

Aberrations mélanisantes.

Un grand nombre d'ab. *polaris* et d'ab. *ichnusoïdes* (Pl. 2, fig. 17 et 18) ; les autres comme les aberrations mélanisantes du n° 3. En outre :

8 individus fortement chargés de noir aux ailes supérieures ; les inférieures presque entièrement noires avec lunules bien marquées.

7 individus semblables aux précédents, mais avec lunules effacées.

5 individus, normaux quant à leurs dessins, mais avec les ailes inférieures chargées de noir et nervures marquées en noir.

3 individus à couleur du fond rouge brique, à nervures noires et chez lesquels la bordure noire a envahi les lunules aux ailes supérieures.

Aberrations albinisantes.

Mêmes aberrations albinisantes qu'au n° 3. En outre :

Plusieurs individus normaux quant à leurs dessins, mais plus pâles que normalement en ce qui concerne la couleur du fond.

7 individus à couleur du fond pâle; réduction de la plupart des dessins noirs. Aux ailes supérieures, disparition des deux taches noires du centre et formation d'une large tache blanche apicale. Aux ailes inférieures, élargissement des lunules bleues (Pl. 2, fig. 14).

Aberrations a la fois albinisantes et mélanisantes.

3 individus à couleur du fond pâle; aux ailes supérieures, disparition des 3 taches noires centrales; réunion de 2 des taches du bord antérieur en une seule tache; lunules devenues *noires*. Ailes inférieures à peu près normales, légèrement envahies par le noir (Pl. 2, fig. 13).

4 individus à couleur du fond pâle et ressemblant aux précédents. En outre, aux ailes supérieures, les nervures sont noires et les ailes se trouvent chargées de taches jaunes. Aux ailes inférieures, les lunules sont grandes et blanchâtres.

2 individus, comme les précédents, mais avec plus de jaune encore aux ailes supérieures; ailes inférieures presque entièrement noires.

Plusieurs individus avec renforcement des caractères foncés, sur un fond plus clair que d'habitude.

16. — *Pendant 7 h. chacun des deux premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Mêmes résultats qu'au n° 15, pour les trois sortes de modification. En outre, parmi les *aberrations à la fois albinisantes et mélanisantes* :

2 individus normaux quant à leurs dessins, mais à couleur du fond saupoudrée de brun foncé et à lunules *blanches* (Pl. 2, fig. 16).

4 individus à couleur du fond parsemée de taches jaune clair et avec large bordure noire, cachant les lunules aux ailes supérieures.

17. — *Pendant 7 h. chacun des 3 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Dans cette expérience, il n'a pas été obtenu d'ab. *polaris* et d'ab. *ichnusoïdes*.

Aberrations mélanisantes.

8 individus dont la couleur du fond est rouge brique, avec large bordure noire envahissant presque complètement les lunules.

7 individus normaux, mais avec renforcement des dessins noirs.

Aberrations albinisantes.

4 individus plus pâles que normalement.
3 » chez lesquels la bordure est excessivement amincie.
1 » avec commencement de transparence aux 4 ailes.

Aberrations a la fois mélanisantes et albinisantes.

1 individu très foncé, mais avec quelques taches jaunes.

18. — *Pendant 7 h. chacun des 4 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Dans cette expérience, il n'a pas été obtenu d'ab. *polaris* ni d'ab. *ichnusoïdes*.

Mêmes aberrations qu'au n° 17. En outre, parmi les *aberrations albinisantes*, signalons :

1 individu avec élargissement des lunules aux 4 ailes.

1 » avec larges taches jaunâtres aux ailes supérieures.

1 » dont la couleur du fond est *rose*.

2 » avec commencement de transparence aux 4 ailes.

Parmi les aberrations *à la fois mélanisantes et albinisantes*, nous signalerons aussi :

1 individu dont les ailes sont mâchurées de noir et de jaune, et dont les lunules sont *blanches* (Pl. 3, fig. 13).

19. — *Pendant 7 h. le premier jour et 2 h. le second jour de la pupation, à 40-45°.*

Aberrations mélanisantes.

Mêmes résultats qu'au n° 15. En outre :

7 individus dont la couleur du fond est rouge brique, et dont la bordure noire a envahi presque totalement les lunules (totalement chez 1 individu).

1 individu semblable aux précédents, mais qui, en outre, a l'aile supérieure traversée d'une zone sablée de noir.

2 individus normaux, mais avec les nervures noires.

Aberrations albinisantes.

Plusieurs individus plus pâles que normalement et chez lesquels les taches du centre de l'aile supérieure ont disparu.

3 individus à couleur du fond rose, avec élargissement des lunules bleues et disparition de l'une des taches du centre de l'aile supérieure.

Aberrations a la fois mélanisantes et albinisantes.

2 individus à couleur du *fond* jaune sale, à bordure noire envahissant les lunules et ayant, aux ailes supérieures, une zone transversale sablée de noir.

1 individu avec accentuation des caractères foncés, nervures marquées en noir, bordure claire et lunules *blanches*.

20. — *Pendant 7 h. le premier jour, 2 h. le deuxième et 2 h. le troisième jour de la pupation, à 40-45°.*

Mêmes résultats qu'au n° 15.

En outre, parmi les *aberrations à la fois mélanisantes et albinisantes :*

3 individus qui ont l'aspect de l'ab. *ichnusa* (Pl. 3, fig. 18).

21. — *Pendant 8 h. le premier jour de la pupation, à 40-45°.*

22. — *Pendant 9 h. le premier jour de la pupation, à 40-45°.*

Dans ces deux dernières expériences, faites avec un petit nombre d'individus seulement, les résultats sont les mêmes que ceux obtenus au n° 15.

En outre, parmi les *aberrations à la fois mélanisantes et albinisantes,* nous signalerons plusieurs individus à couleur du fond foncée, avec lunules agrandies et *blanches*.

23. — *Pendant 8 h., le premier jour et 2 h. le deuxième jour de la pupation, à 40-45°.*

24. — *Pendant 8 h., le premier jour, 2 h. le deuxième jour et 2 h. le troisième jour de la pupation, à 40-45°.*

Dans ces deux expériences, faites avec un petit nombre d'individus seulement, les résultats sont sensiblement les mêmes qu'au n° 15.

25. — *Pendant 14 h., à partir du premier jour de la pupation, à 40-45°.*

Aberrations mélanisantes.

2 ab. *ichnusoïdes*.

1 ab. *polaris*.

2 individus intermédiaires.

10 individus dont la couleur du fond est rouge brique, avec bordure d'un noir intense, envahissant tout ou partie des lunules (Pl. 3, fig. 10),

5 individus à couleur du fond rouge sombre.

1 individu dont les ailes inférieures sont en partie noires (Pl. 2, fig. 15).

Aberrations albinisantes.

Plusieurs individus normaux quant à leurs dessins, mais plus pâles en ce qui concerne la couleur du fond.

2 individus avec taches jaunâtres (Pl. 3, fig. 4).

1 individu très pâle, avec lunules agrandies.

Aberrations à la fois mélanisantes et albinisantes.

3 individus pâles avec agrandissement des lunules bleues et envahissement de l'aile inférieure par du noir.

26. — *Pendant 14 h., chacun des 2 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Dans cette expérience, il n'a pas été obtenu d'ab. *polaris* ni d'ab. *ichnusoïdes*.

Mêmes résultats, en ce qui concerne les autres aberrations, qu'au n° 25.

En outre, parmi les *aberrations albinisantes*, nous signalerons :

1 individu à couleur du fond presque *jaune* (Pl. 3, fig. 15).

27. — *Pendant 14 h., chacun des 3 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Petit nombre d'individus expérimentés ; mêmes résultats qu'au n° 26.

28. — *Pendant 14 h., chacun des 4 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Petit nombre d'individus expérimentés ; mêmes résultats qu'au n° 26.

En outre, parmi les *aberrations albinisantes*, signalons :

2 individus à couleur du fond *jaune*, voisins de celui représenté Pl. 3, fig. 15.

29. — *Pendant 17 h., le premier jour de la pupation, à 40-45°.*

Petit nombre d'individus expérimentés ; mêmes résultats qu'au n° 26.

Signalons en outre, parmi les *aberrations mélanisantes :*

1 individu dont les lunules des 4 ailes sont devenues noires, et dont les ailes inférieures sont, en partie, noires (Pl. 3, fig. 17).

Et parmi les *aberrations à la fois mélanisantes et albinisantes :*

2 individus à dessins noirs accentués, mais avec les ailes légèrement transparentes.

3 individus à couleur du fond pâle, avec réduction des taches noires du centre de l'aile supérieure, mais élargissement de la bordure noire et lunules marquées en noir ; ailes inférieures en partie noires.

30 — *Pendant 20 h., le premier jour après la pupation, à 40-45°.*

Petit nombre d'individus expérimentés.

31. — *Pendant 20 h., le premier jour, et 1 h. le deuxième jour de la pupation, à 40-45°.*

Petit nombre d'individus expérimentés.

Dans ces deux expériences, mêmes résultats qu'au n° 25.

32. — *Pendant 20 h., le premier jour, et 1 h., chacun des deux jours suivants, à 40-45°.*

Petit nombre d'individus expérimentés. Mêmes résultats qu'au n° 25, mais, en outre, parmi les *aberrations mélanisantes et albinisantes* :

3 individus ayant l'aspect de l'ab. *ichnusa* (Pl. 3, fig. 18).

33. — *Pendant 24 h., dès le premier jour de la pupation, à 40-45°.*

Dans cette expérience, il n'a pas été obtenu d'ab. *polaris* ni d'ab. *ichnusoïdes*.

Les formes *mélanisantes* et *à la fois mélanisantes et albinisantes* qui sont issues de cette expérience sont en petit nombre (10 individus) ; elles se rapprochent, pour la plupart de leurs caractères, des aberrations du n° 25.

Les *aberrations albinisantes* sont, par contre, très nombreuses (plus de 40) ; elles brillent par les caractères suivants qui n'affectent guère la forme des dessins, mais seulement la nuance de ceux-ci :

1° Pâlissement de la couleur du fond.

2° Effacement des taches du centre de l'aile supérieure.

3° Réduction de la bordure marginale ; celle-ci peut n'être plus représentée que par un mince filet noir, avec frange brun clair, allant parfois au fauve (Pl. 3, fig. 3).

En outre :

2 individus ont les dessins en partie effacés et les ailes presque transparentes (Pl. 3, fig. 1 et 6).

34. — *Pendant les deux premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

Les aberrations obtenues sont du même type qu'au n° précédent.

Mais le nombre des *aberrations mélanisantes* et *à la fois mélanisantes et albinisantes* diminue dans de larges proportions, tandis que le nombre des *aberrations albinisantes* augmente.

Parmi ces dernières, nous signalerons :

1 individu dont les 4 ailes sont devenues *absolument transparentes*, n'ayant plus qu'un peu de pigmentation à la racine des ailes (Pl. 3, fig. 9).

35. — *Pendant les 3 premiers jours de la pupation, à 40-45°.*

(Grande mortalité vu la durée de l'expérience).

On remarque encore que le nombre des *aberrations mélanisantes* et *à la fois mélanisantes et albinisantes* diminue fortement, tandis que celui des *aberrations albinisantes* augmente au contraire. Parmi ces dernières, signalons :

4 individus possédant sur leurs ailes des taches transparentes.

7 individus dont les ailes sont parsemées de jaune (Pl. 3, fig. 5).

1 individu dont le rouge des ailes inférieures est remplacé par du *jaune* (Pl. 3, fig. 12).

Nous signalerons encore quelques spécimens dont les ailes sont parsemées de jaune, et dont la bordure noire, quoique élargie, a une teinte *grisâtre*.

36. — *Toute la nymphose, dès le premier jour, se passe dans une température de 35-40°.*

Les chrysalides éclosent dans l'étuve. La durée de l'évolution nymphale se trouve, de ce

fait, considérablement raccourcie ; elle dure 5 jours au lieu de 7 à 8 jours qui est la durée normale.

Aucune aberration mélanisante n'a été obtenue de cette expérience.

Aberrations albinisantes

8 individus chez lesquels les taches du centre de l'aile supérieure ont diminué de taille et ne sont plus représentées que par deux points.

8 individus dont les quatre ailes sont marbrées de taches jaunes.

2 individus chez lesquels, aux ailes inférieures, la couleur du fond est jaune; (comme celui figuré Pl. 3, fig. 12).

1 individu dont la couleur du fond de l'aile supérieure est devenue presque entièrement jaune.

5 individus à couleur du fond *rose*, avec marbrures jaunes

3 individus à couleur du fond rose jaune et à *bordure grise* (Pl. 3, fig. 2).

En général, les taches noires de ces individus sont sablées de gris.

Aberrations a la fois mélanisantes et albinisantes.

2 individus seulement chez lesquels la couleur du fond est rouge brique parsemée de jaune.

37. — *Chenilles élevées dès la deuxième mue dans une température de 30-35°* [1].

100 chenilles prennent part à cette expérience ; une assez grande mortalité en est aussi la conséquence ; 25 Papillons modifiés sont obtenus.

Les chrysalides, dès leur formation, sont maintenues dans la température de la chambre.

Aberrations mélanisantes.

12 individus fortement colorés ; accentuation des caractères noirs ; formation, parfois, d'un saupoudré noirâtre au *centre de l'aile supérieure*.

1 individu à large bande noire envahissant les lunules aux supérieures ; ailes inférieures en partie envahies par le noir (Pl. 3, fig. 14).

Aberrations albinisantes.

4 individus à couleur du fond jaunâtre, avec forte réduction des deux taches du centre de l'aile supérieure.

2 individus, à couleur du fond rose pâle.

1 individu dont l'aile supérieure gauche est devenue transparente et la supérieure droite, en partie transparente (Pl. 3, fig. 8).

Aberrations a la fois mélanisantes et albinisantes.

1 individu à couleur du fond *amarante ;* disparition des lunules bleues, envahies par la bordure ; les 4 ailes montrent des portions transparentes (Pl. 3, fig. 7).

1 individu à couleur du fond rouge brique ; diminution de la taille de la bordure noire.

[1] L'évolution larvaire, dans cette expérience, est fortement accélérée. En outre, les chenilles suppriment leur dernière mue. Elles prennent une énorme quantité de nourriture, qu'elles absorbent rapidement et constamment dans le but d'étancher la soif que leur procure la température élevée dans laquelle elles se trouvent. Malgré cela, et à cause de la suppression de la dernière mue, elles se chrysalident alors qu'elles ont une taille excessivement petite.

Tous les papillons éclos sont de fort petite taille et plusieurs ne dépassent pas le 50 % de la taille normale.

Examen des écailles des aberrations albinisantes. — Plusieurs mécanismes concourent à la production de l'albinisme chez les *Vanessa urticæ* qui ont été modifiées par nos expériences. Nous allons les passer en revue successivement.

Jaunissement de la couleur du fond. — Nous avons vu que, chez plusieurs aberrations, la couleur du fond fauve vif se change en jaune; dans d'autres cas, les ailes sont simplement tachées de jaune. Ces cas doivent être considérés comme des cas d'albinisme partiel.

Les mécanismes qui produisent le jaunissement sont de plusieurs sortes :

a) *Les écailles ne reçoivent pas toutes la dose voulue du pigment normal.* Ce cas est le plus répandu. En examinant au microscope les ailes entières des individus qui se rattachent à cette catégorie, on se rend compte que beaucoup d'écailles sont peu colorées, par conséquent plus transparentes que les normales. L'examen microscopique d'écailles détachées confirme le fait. A côté des jaunes, existent des écailles fauve vif en quantité plus ou moins grande suivant les individus. La proportion numérique entre jaunes et fauves déterminera la teinte de l'aile ou de la tache.

Lorsque nous avons fait l'examen des Papillons normaux de *Vanessa urticæ*, nous avons remarqué que leur couleur du fond est, parfois, parsemée d'un petit nombre d'écailles jaunes, parcequ'à pigment réduit : celles-ci sont cependant trop peu nombreuses pour que la teinte du fond en soit modifiée. D'autre part, si nous examinons les ailes de Papillons, dont les chrysalides ont été soumises à l'influence de la température, mais qui n'ont pas été modifiés de façon appréciable, nous voyons que le nombre des écailles jaunes y est déja plus considérable. *Le jaunissement des ailes n'est en somme que l'accentuation d'un état de choses qui existe normalement.*

La présence d'écailles incolores en plus ou moins grand nombre contribue aussi au jaunissement de l'aile, par le fait que la face inférieure est *jaune* et que cette couleur s'aperçoit par transparence. Dans le cas où certaines parties de l'aile sont presque blanches, les écailles incolores dominent dans ces parties.

b) *Les écailles se déforment et diminuent de taille.* Elles peuvent devenir lancéolées ou grêles; en général leur grand axe est de la même longueur que celui des écailles normales; c'est surtout en largeur que la diminution de taille se fait : elles sont le plus souvent sans dents (Pl. 5, fig. 1).

Dans cette catégorie, le jaunissement est très accentué, car il a double origine. En premier lieu, les écailles étant plus petites ne chevauchent pas les unes sur les autres et laissent, entre elles, des espaces qui n'ont pas de coloration, ce qui éclaircit la teinte de l'aile. En second lieu, un certain nombre de ces écailles modifiées ont peu de pigment (jaunes) ou sont très peu colorées (blanches).

Chez quelques Papillons à nuance jaune, nous avons remarqué que les écailles

se sont recourbées en élevant leurs deux bords latéraux; c'est le même cas qui a été observé chez d'autres Lépidoptères par P. Denso (v. p. 192). Ces écailles ainsi recourbées ne se touchent plus les unes les autres et laissent des espaces entre elles; en outre, beaucoup sont jaunes, parce que peu pigmentées, ou blanches, parce que incolores. En somme, malgré la modification dans la forme des écailles, ce cas se rattache au précédent.

Pour deux individus, le jaunissement de l'aile est dû à un mécanisme curieux :

Nous examinons le dessus de l'aile de ces Papillons et nous sommes étonné de n'y trouver aucune écaille jaune; toutes sont de la couleur normale, c'est-à-dire fauve vif; mais elles sont plus petites et, évidemment moins nombreuses, car elles laissent entre elles des espaces vides de la largeur d'une écaille habituelle. Par contre, *la face inférieure de l'aile n'a pas modifié sa couleur,* ni la taille et le nombre de ses écailles; elle est restée uniformément *jaune.* Il résulte de cette disposition que les écailles jaunes du dessous montrent leur couleur dans les espaces vides du dessus et c'est ce qui colore la face supérieure de l'aile en jaune.

Transparence de l'aile. — Nos expériences ont montré que les *Vanessa urticæ* modifiées par la température sont fréquemment transparentes, à un degré plus ou moins accusé. Cette transparence provient :

a) *De la diminution de la taille des écailles.* Cette diminution de taille peut devenir assez conséquente; les écailles sont alors toujours déformées, parfois très grêles et perdent le plus souvent leurs dents (Pl. 5, fig. 1). La transparence s'accuse encore par le fait que la diminution de taille se porte aux écailles des deux faces de l'aile. Dans la grande majorité des cas, *une insuffisance de pigmentation correspond à la diminution de taille des écailles;* il en résulte que les parties transparentes sont plus pâles que normalement et *doivent être considérées comme un commencement d'albinisme.*

Cependant, dans deux cas, nous avons constaté que des ailes transparentes comportent des écailles très pigmentées, et mêmes plus pigmentées et opaques que normalement.

b) *De la diminution du nombre des écailles.* Ce cas est peu répandu, du moins d'une façon appréciable; car il n'est pas possible d'évaluer la quantité des écailles qui recouvrent les ailes des Papillons. Cependant, dans quelques cas, dont ceux figurés Pl. 3, fig. 7, 8 et 9, il est manifeste que les écailles sont devenues rares. Dans l'exemple signalé fig. 9, il est des places de l'aile qui en sont totalement dépourvues. Une modification dans la forme et la taille des écailles est aussi la caractéristique de cette transparence. De même que précédemment, les écailles

des individus en question sont pâles et jaunes, par le fait du peu de pigment dont elles sont colorées; en outre, plusieurs sont presque incolores.

Eclaircissement de la frange. — Nous avons vu, lors de l'examen des ailes de *Vanessa urticæ* normales, que la frange varie beaucoup dans sa coloration; elle peut être noire, dans ce cas elle se confond avec la bordure marginale, et varier jusqu'au brun pâle. L'examen de la frange de plusieurs individus a démontré que la teinte de celle-ci provient de la proportion numérique entre écailles fortement chargées de pigment brun et écailles moins ou peu colorées du même pigment.

Dans les expériences dont nous venons de passer en revue les résultats, un certain nombre d'individus sont nés avec une frange très claire : celle-ci est alors composée d'écailles brunes peu pigmentées et d'écailles à peu près vides. D'autres individus sont nés avec une frange grise : cette nuance provient d'une combinaison d'écailles très opaques (noires) et d'écailles à peu près vides. Du reste, dans la composition de la frange des Papillons normaux, il entre toujours quelques écailles à pigmentation réduite.

En général, les écailles qui composent les franges des individus dont nous venons de nous occuper ne sont pas plus petites que les normales. Dans un cas seulement (Pl. 3, fig. 3) nous avons observé la réduction de leur taille.

Eclaircissement de la bordure marginale et des taches noires. — Il arrive souvent que la bordure marginale et les taches noires deviennent brun clair ou grises; ces modifications sont dues à plusieurs mécanismes.

a) *Les écailles ne contiennent pas toutes la dose voulue de pigment normal;* elles sont alors d'un brun qui peut devenir, lorsque la matière colorante est en très petite quantité, assez clair.

b) *Les écailles diminuent de taille,* se déforment, deviennent grêles, et laissent entre elles des espaces vides, par où la lumière peut filtrer, ce qui éclaircit la teinte du dessin.

c) *Les écailles deviennent moins nombreuses,* et parfois déformées. Le résultat est le même que dans la catégorie précédente.

Ces trois derniers mécanismes concourent à produire des dessins brun clair.

Les mécanismes qui rendent *grises* la bande marginale et les taches noires sont différents :

Les écailles se déforment toujours et deviennent grêles, parfois assez petites; souvent elles sont en moins grande quantité que normalement. Mais, ce qui est caractéristique, c'est que ces écailles se divisent, suivant leur dose de pigmentation, en deux catégories distinctes. Les unes sont *opaques,* abondamment pigmentées et

paraissent noires ; les autres sont à peu près vides (quelques unes le sont complètement) et paraissent blanches ou possèdent une si faible coloration que c'est comme si elles l'étaient. La combinaison de ces deux sortes d'éléments de coloration a pour conséquence la production de la teinte grise dont nous recherchons l'origine.

Dans quelques cas, toutes les écailles sont opaques ; plusieurs d'entre elles sont bombées, convexes, à la manière de celles que nous avons signalées lors de l'examen de *Pieris rapæ* et d'autres Lépidoptères. Malgré leur opacité, le côté éclairé de ces écailles apparaît comme blanc, tandis que l'autre côté, seul, se montre noir ; la combinaison du blanc et du noir donne, à ces parties, une couleur grise. La nature optique de cette couleur est très apparente.

Enfin, un troisième mécanisme contribue à rendre gris les dessins noirs. Nous l'avons constaté chez un individu de l'expérience 36 : les écailles de la face supérieure de l'aile sont petites, peu nombreuses, avec de larges espaces entre elles, et fortement pigmentées. Mais, à la *face inférieure* de l'aile, se trouve un grand nombre d'écailles vides et très pâles, qui montrent leur couleur au travers des espaces de la face supérieure. De cette façon, les taches se trouvent composées des éléments noirs du dessus et blanchâtres du dessous, et c'est ce qui produit la couleur grise.

Blanchiment des lunules bleues. — Sous l'influence de la température, il arrive fréquemment que les lunules bleues deviennent blanches. Le mécanisme de cette modification est très simple : La couleur des écailles bleues est due à la fois à la présence d'un pigment blanc, mais en infime quantité, et à l'action de la décomposition des radiations lumineuses ; le dessous de l'aile joue le rôle d'écran, mettant en valeur le phénomène optique. Dans les aberrations la quantité du pigment blanc augmente [1].

Dans quelques cas, un certain nombre d'écailles vides, tout à fait transparentes, se trouvent au milieu des lunules et concourent à en pâlir la teinte.

Rubéfaction de la couleur du fond. — De fauve vif qu'elle est normalement, la couleur du fond peut devenir rouge, et même rose (Expérience 37).

Le mécanisme qui produit la couleur rose est intéressant à noter. Les écailles des parties roses sont bombées, convexes, de même que celles que nous avons observées à maintes reprises et réfléchissent la lumière blanche ; ou bien elles ont leurs bords latéraux recourbés dans le sens vertical, à la manière de celles observée chez d'autres espèces par P. Denso (p. 192) ; elles contiennent le pigment en dose nor-

[1] Il se peut que quelques-unes des écailles des lunules, chez les individus normaux, contiennent une légère dose d'un pigment bleu, mais la couleur blanche de la majorité des écailles des lunules n'est pas douteuse.

normale. Si l'on examine les ailes entières sous le microscope, on se rend compte que, grâce à leur structure, ces écailles laissent des espaces entre elles ; celles de la face inférieure sont, pour la plupart, vides, et montrent leur couleur blanchâtre au travers des espaces de la face supérieure. En outre, les bords recourbés des écailles sélectionnent la lumière jaune. Ces trois mécanismes réunis produisent la teinte rose de la couleur du fond.

Examen des écailles des aberrations mélanisantes. — Les mécanismes du mélanisme, chez *Vanessa urticæ,* sont moins nombreux que ceux de l'albinisme. Ils résident, le plus souvent, dans une plus grande abondance de pigment normal.

En regardant au microscope les écailles de la couleur du fond de Papillons chez lesquels celle-ci est devenue rouge brique, il est aisé de se rendre compte que les écailles sont beaucoup plus opaques que normalement, c'est-à-dire qu'elles contiennent le pigment en plus grande abondance et que la lumière transmise ne passe pas au travers d'elles, tandis qu'elle passe au travers des écailles non modifiées. Deux écailles rouge brique superposées ne donnent pas une image qui soit plus foncée.

En outre, le fait que deux écailles normales (fauve vif) superposées donnent une image rouge brique, nous montre que c'est le *pigment normal amassé en grande quantité* qui est la cause de cette variation.

Il en est de même des écailles qui composent les taches noires de certains individus chez lesquels ces taches ont pris une intensité remarquable. Là, les écailles sont tout à fait opaques et leur pigment s'étend jusqu'à leur extrémité proximale. Ces écailles, examinées séparément à la lumière directe, sont, cependant, *d'un noir mat,* tandis que les écailles normales des mêmes parties sont *brunes.* Nous n'avons pu discerner si ce changement de coloration est dû simplement au fait de la surpigmentation ou à une oxydation de la matière colorante ; il est infiniment probable que les deux phénomènes concourent à produire cet effet.

Pour le noircissement de la frange, nous constatons qu'il est surtout produit par l'augmentation du nombre des écailles noires, au détriment du nombre des écailles d'autre nuance.

Pour certaines formes *ichnusoïdes* où l'aile inférieure est devenue uniformément brune, il est assez difficile de se rendre compte de l'origine de ce changement de couleur. Les écailles y sont certainement très opaques ; mais nous avons vu que l'opacité des écailles fauves donne la coloration rouge brique. Un phénomène d'oxydation doit donc intervenir et changer, dans ce cas, le pigment normal en un pigment brun foncé. Mais il y a lieu de faire remarquer que les écailles des parties noires des individus normaux contiennent, en réalité, un *pigment brun ;* il serait

donc possible que, sous l'influence de la température, le pigment brun normal soit produit en très grande quantité, et envahisse les écailles fauves du fond de l'aile inférieure.

En somme, le mélanisme des *Vanessa urticæ* est surtout dû à une *surpigmentation* des écailles, c'est-à-dire au fait qu'un pigment de couleur normale s'y assemble en plus grande quantité. Mais ce mécanisme n'exclut pas la possibilité de la transformation du pigment habituel en un autre plus foncé, dans quelques cas.

Quelques individus ont pris une teinte *amarante*. Elle provient de ce que leurs ailes sont parsemées d'écailles *noires à reflets bleus*, au milieu des écailles fauve ou rouge brique. En outre, il existe, avec elles, des écailles *jaunes* avec insuffisance de pigmentation.

Disparition des lunules bleues. — La bordure noire envahit souvent les lunules bleues de manière à les faire disparaître, parfois complètement. Chez les individus normaux, les lunules contiennent toujours un petit nombre d'écailles noires ; la disparition de ces taches, dans les expériences, n'est donc que *l'accentuation* d'un état de choses normal. Suivant les cas, c'est le pigment noir, ou le pigment brun des écailles qui avoisinent les lunules, qui vient s'accumuler dans celles-ci.

Ajoutons que plusieurs des mécanismes signalés peuvent, parfois, se rencontrer chez le même individu et que, pour former les aberrations *à la fois mélanisantes et albinisantes*, les mécanismes des deux sortes de coloration sont représentés.

Conclusions relatives à l'énoncé de ces expériences. — En outre des mécanismes de l'albinisme et du mélanisme qui ont été mis en évidence au cours des recherches que nous venons de décrire, il est d'autres conclusions que nous devons faire connaître.

En premier lieu, ces expériences nous montrent que, sous l'influence de la chaleur, les Papillons de *Vanessa urticæ* ne varient que selon la loi du *mélanisme et de l'albinisme des parties*, c'est-à-dire que, dans chaque cas, les différentes parties des ailes ont passé, *séparément*, de la teinte normale à une teinte plus foncée ou plus claire.

C'est ainsi que le fauve vif a pu devenir rouge brique, amarante ou brun, rose ou jaune ; que les taches et les bandes noires ont pu devenir d'un noir d'ébène, ou qu'elles se sont teintées de gris ou se sont effacées ; que la frange a pu passer par toutes les nuances intermédiaires entre le noir et le gris ; enfin, la couleur du fond a pu pâlir à tel point que le pigment a disparu de ses écailles, produisant la transparence plus ou moins complète de l'aile.

En conséquence, nous confirmons, pour *Vanessa urticæ*, ce qui a été remarqué pour un certain nombre d'espèces, à savoir que la variation se fait principalement par *surcoloration ou décoloration des parties* et que ces deux modifications qui peuvent ne se porter que sur certaines parties de l'aile, tandis que les autres restent sans changement, sont dues surtout à une plus grande abondance de *pigment normal*, ou à une moins grande abondance de ce même pigment. D'autres mécanismes secondaires, tels que ceux que nous avons signalés, concourent à accentuer l'effet produit par la surcoloration et la décoloration, et cela, surtout dans les cas d'albinisme.

Un autre résultat de ces expériences est de nous montrer que la température semble n'agir qu'en tant qu'excitant pour déterminer l'individu à varier dans un sens ou dans l'autre. En effet, dans chaque expérience, sauf dans la 36me, la variation s'est portée aussi bien dans le sens albin que dans le sens mélanien ; en outre, à part les aberrations typiques *ichnusoïdes* et *polaris*, les mêmes formes albinisantes et mélanisantes ont pu être obtenues, quelle que fût la durée de l'incubation de la chrysalide. Sur les 37 expériences pratiquées, la 36me seule (toute la nymphose à 30-35°, c'est-à-dire à une température inférieure à celle des 35 autres expériences) n'a pas produit d'aberrations mélanisantes.

Cependant, malgré l'observation précédente, nous remarquerons encore que la production de l'albinisme partiel tend à devenir plus générale lorsque la durée de l'incubation est prolongée. En effet, dans les expériences 33 à 35, où les chrysalides ont été incubées pendant 2 et 3 jours consécutivement, nous voyons le nombre des aberrations mélanisantes diminuer tandis qu'au contraire celui des aberrations albinisantes augmente notablement. Dans l'expérience 35, où la chrysalide reste 3 jours dans l'étuve, les aberrations foncées sont en très petit nombre et dans l'expérience 37, où toute la nymphose (5 jours) se déroule par la température élevée, il n'a été produit aucune aberration mélanisante. En outre, les Papillons les moins colorés et principalement ceux qui sont devenus transparents, sont ceux qui proviennent surtout des expériences où la durée de l'incubation a été prolongée.

Or, plus l'action de la température est longue, plus rapidement la chrysalide se développe ; c'est ce que montre principalement l'expérience 37, où la pupe a effectué son évolution ontogénique en 5 jours, alors qu'il lui en faut 7 ou 8 dans les conditions normales. Par contre, le temps nécessaire à la fabrication du pigment ne doit guère être accéléré par l'action de la température. Il résulte donc que les écailles ont atteint un degré de développement où elles ne sont plus capables de recevoir la matière colorante, avant que celle-ci ait été fabriquée en quantité suffisante. C'est de là que semble provenir l'insuffisance de coloration si répandue parmi les individus ayant subi une longue incubation.

Du reste cette hypothèse n'est pas nouvelle ; nous avons eu l'occasion de la

démontrer déjà lors de nos expériences d'alimentation (1905, 126). Au cours de ces expériences nous avions montré, en effet, que les Papillons d'*Ocneria dispar* et de *Lasiocampa quercus* dont les chenilles avaient été mal nourries, et dont les caractères consistaient surtout dans la pâleur des ailes, avaient eu une nymphose notablement raccourcie et nous en avions déjà conclu que le temps, dont avait disposé la chrysalide pour fabriquer son pigment, avait été insuffisant.

Cependant, parmi les Papillons de *Vanessa urticæ* éclos de chrysalides à courte incubation, il s'en trouve un bon nombre d'albinisants dont les caractères de coloration sont, parfois, les mêmes que pour les individus provenant d'une incubation de longue durée. Cette constatation n'infirme en aucune façon l'hypothèse qui vient d'être émise. En effet, il est possible que les albinisants en question aient eu leur nymphose raccourcie ; nous n'avons pu le constater parce que, au moment où nous nous livrions à ces expériences, nous n'avons pas pensé devoir vouer notre attention sur ce sujet. En second lieu, les mécanismes de l'albinisme, chez *Vanessa urticæ*, sont de deux sortes, ainsi que nous l'a démontré l'examen des écailles : l'insuffisance de pigmentation, qui proviendrait du fait du raccourcissement de la nymphose, et la déformation et la diminution de la taille et du nombre des écailles (qui souvent produisent les mêmes effets que dans le cas précédent), et qui seraient le résultat de l'action de la température, indépendamment de la durée de la nymphose.

Quant aux aberrations mélanisantes de *Vanessa urticæ* nous ne pouvons dire si elles proviennent de chrysalides dont la nymphose a été prolongée, comme ce fut le cas pour les chrysalides de Papillons mélanisants obtenus de nos expériences d'alimentation.

On aura encore remarqué que les aberrations typiques ne s'obtiennent pas de chrysalides qui ont séjourné au delà de 24 heures dans l'étuve et que la durée d'incubation la plus propice pour obtenir les formes *polaris* et *ichnusoïdes* varie entre 7 et 14 heures.

Ce fait est assez curieux pour devoir être signalé : Des chrysalides de *Vanessa urticæ* sont, par exemple, placées dans l'étuve 3 heures après leur formation et y restent 7 heures de temps ; de celles-ci proviennent un certain nombre d'aberrations typiques. D'autres chrysalides, provenant de la même ponte que les précédentes, sont également placées dans l'étuve 3 heures après leur formation, mais elles y sont laissées pendant 30 heures consécutivement ; de ces dernières ne proviennent aucunes aberrations typiques. Nous avons pu vérifier ce cas un grand nombre de fois, en variant l'âge où la chrysalide est mise en expérience et le temps que dure celle-ci (voir le détail des recherches); dans aucun cas, les aberrations typiques ne sont nées d'une incubation dépassant 24 heures. Or, pour en revenir à l'exemple précité, les chrysalides expérimentées 30 heures, ont subi, pendant les 7 premières

heures de leur incubation, un développement égal à celui qu'ont subi les autres, pendant le même laps de temps; autrement dit, les réactions qui concourent à la production des formes *ichnusoïdes* et *polaris* ont dû se faire, avant la septième heure, pour les chrysalides de l'expérience qui a duré 30 heures. Pourquoi ces réactions ne se sont-elles jamais maintenues chez ces dernières?

Pour expliquer cette anomalie, deux hypothèses se trouvent en présence. Il se pourrait que les aberrations typiques, une fois créées, périssent si la durée de l'incubation se prolonge; le nombre des décès qui se présentent à chaque expérience est suffisant pour laisser supposer la réalité de cette hypothèse. Mais nous avons pratiqué ces recherches pendant 7 ans et il nous paraît surprenant que, parmi le grand nombre de chrysalides incubées, il ne se soit pas trouvé une ou deux aberrations typiques qui aient résisté à une incubation supérieure à 24 heures.

Il nous semble plus logique d'admettre que les réactions qui produisent les aberrations typiques, s'effacent, disparaissent, pour donner lieu à des modifications de moindre importance, une fois que l'action de la température se prolonge au delà de la limite qui les a créées.

Nous retiendrons encore de ces expériences que l'albinisme est le signe d'un affaiblissement de l'organisme, tandis que le mélanisme, au contraire, dénote la santé et la vigueur de ceux qui en sont atteint. Les recherches faites avec *Vanessa urticæ* mettent surtout en évidence le premier de ces deux cas. En effet, la plupart des aberrations albinisantes possèdent des caractères de dégénérescence pathologique, dont les principaux sont : le défaut de pigmentation, la réduction de la taille et du nombre des écailles, leur fréquente atrophie, qu'accompagne souvent l'atrophie des ailes et de l'abdomen; fréquente diminution de taille des Papillons, qui, souvent, ont de la peine à éclore. En outre, les aberrations transparentes, c'est-à-dire celles qui possèdent, à un plus haut degré, les caractères d'infériorité que nous venons d'indiquer, proviennent surtout d'une incubation prolongée qui a dû les affaiblir.

Quant aux aberrations mélanisantes, leurs caractères de vigueur résident dans le fait de la richesse pigmentaire de leurs écailles, qui ne sont que rarement déformées; la taille et le nombre de celles-ci ne diminuent pas facilement et l'atrophie des ailes et du corps ne s'observe pas souvent.

Disons encore, pour terminer, que l'expérience 37 (chenilles élevées dans une température de 30-35°, et chrysalides maintenues dans la température normale) montre que les chrysalides, bien que ne subissant pas l'action thermique, réagissent encore dans le sens de coloration mélanienne ou albine, lorsque ce sont leurs chenilles qui ont subi l'influence de l'élévation de la température. En outre, les aberrations issues de cette expérience sont, parfois, semblables à celles qui ont été produites par l'action thermique agissant sur les chrysalides.

Vanessa io.

Les 4 ailes de *Vanessa io*, en dessus, sont d'un rouge pourpré avec 4 grandes taches ocellées, imitant les yeux des plumes de paon. L'ocelle des supérieures est maculé de bleu, de jaune, de noir, de violet, de rouge pourpré et de blanc. L'ocelle des inférieures est maculé de noir et de bleu ; il est entouré d'une zone brune. Aux ailes supérieures, nous remarquons encore, à la côte, deux taches noires triangulaires. En dessous, les 4 ailes sont brunes, sablées d'une multitude d'atomes noirs et de gris.

Les seules parties dont nous étudierons la composition sont les ocelles. Ils comportent des écailles jaunes, des noires, des rouges et des blanches ; il ne s'y trouve aucune écaille bleue ni de violette. Les blanches contiennent bien un pigment blanc, quoique peu abondant ; elles sont très répandues. Dans les régions blanches de l'ocelle elles sont assemblées en un amas compact, chevauchant les unes sur les autres. Ce sont encore les écailles blanches qui concourent à la formation des régions bleues et des régions violettes. Dans le premier cas, elles sont placées *au-dessus d'écailles noires ;* ce dispositif a pour résultat de mettre en valeur le phénomène de décomposition des radiations lumineuses. Dans le second cas, les écailles blanches sont placées *au-dessus d'écailles rouge pourpre.* La couleur bleue émanant du phénomène optique s'associe au rouge des écailles sous-jacentes pour produire la couleur violette.

Aux ailes inférieures, le bleu des ocelles est également formé par des écailles blanches peu pigmentées, placées au-dessus d'écailles noires.

Expériences de température élevée avec des chrysalides de Vanessa io.

Nous avons pratiqué, depuis 1906, les expériences suivantes avec un très grand nombre de chrysalides de *Vanessa io :*

Les chrysalides sont soumises à l'influence d'une température de 45° et 48° (suivant les séries) :

I. 3 h. ; 5 h. ; 6 h. ; 7 h. ; 8 h. ; 9 h. ; 14 h. ; 15 h. ; ou 16 h. de temps, le premier jour de la pupation.

II. 2 h. de temps, chaque jour, pendant les 2 premiers jours.

III. 3 h. : 4 h. : 5 h » » »

IV. 7 h. de temps, » » »

Nous avons obtenu, de ces expériences, toute une série d'aberrations qui constituent des formes voisines des ab. *fischeri* et *belisaria*, avec des *fischeri* et des *belisaria* typiques.

A chacune des séries, indistinctement, on remarque, dans les cas les plus simples, soit une accentuation, soit un pâlissement de la teinte générale des ailes. Dans ce dernier cas, la zone brune qui entoure l'ocelle des ailes inférieures devient, parfois, d'un blanc sale, mat. Souvent le pâlissement conduit à une légère transparence des ailes. Les mécanismes qui amènent la variation de la couleur générale de l'aile résident uniquement dans l'apport d'une dose plus ou moins forte du pigment normal. Dans les cas de transparence, la rareté des écailles s'associe à la faible dose de pigment.

Les ocelles sont surtout le siège d'importantes modifications dans la répartition des différentes couleurs les composant.

1° Le blanc est très étendu ; il envahit, dans quelques cas, presque tout l'ocelle. Cela provient de ce que les écailles blanches sont devenues beaucoup plus nombreuses que normalement, de manière à chevaucher les unes sur les autres en un amas compact, sur une plus grande surface.

2° Le bleu est très étendu ; il envahit, chez certains individus, presque tout l'ocelle. Dans ce cas, c'est l'écran sous-jacent, formé d'écailles noires, qui s'étend au-dessous d'une plus grande quantité d'écailles blanches à reflets bleus.

3° L'ocelle est violet. Nous trouvons alors une grande quantité d'écailles blanches, à reflets bleus, qui chevauchent sur des rouges.

4° L'ocelle est sablé de vert. Cette couleur est due à la présence d'écailles blanches, à reflets bleus, en combinaison avec des écailles jaunes.

5° L'ocelle ne comporte plus que du jaune, du rouge et du noir. Les écailles blanches, dans ce cas, ont plus ou moins disparu.

6° Enfin, l'ocelle est complètement noir ; ce pigment a donc envahi toutes les autres écailles.

Aux ailes inférieures, l'ocelle devient violet ou verdâtre, par les mêmes mécanismes que ceux signalés aux n^os^ 3 et 4. Il disparaît de la manière indiquée au n° 6.

On conçoit toutes les variations qui peuvent se présenter dans les ocelles des *Vanessa io* modifiées sous l'influence de l'élévation de la température. En effet, deux, et même plusieurs des cas signalés, peuvent se combiner chez un même individu.

Dans l'ab. *belisaria*, aux ailes supérieures, les deux taches noires triangulaires de la côte ont une tendance à se réunir en une seule tache volumineuse : en outre,

celle qui est voisine de l'ocelle s'étend sur celui-ci et l'envahit presque complètement, ne lui laissant plus qu'une ou deux parcelles d'un blanc violacé ou verdâtre, parfois d'un blanc pur. Les mécanismes de ces transformations résident dans le fait que les écailles qui n'ont pas été envahies par le pigment noir restent blanches, avec reflets bleus, parce que peu pigmentées, et s'associent avec les écailles rouges ou avec des jaunes, ou bien sont seules. Dans les cas extrêmes, l'ocelle est entièrement envahi par le noir

Bombyx neustria.

Les individus de cette espèce présentent une coloration jaunâtre, légèrement plus foncée chez la femelle que chez le mâle. Chez les femelles, les ailes supérieures sont traversées par une bande brune, un peu plus foncée que la couleur du fond et limitée de chaque côté par deux filets d'un jaune très clair. Les mâles possèdent deux minces filets parallèles qui traversent l'aile supérieure à une certaine distance l'un de l'autre. Les ailes inférieures sont uniformément jaunâtres, dans les deux sexes. En dessous, les caractères du dessus sont légèrement reproduits.

Nous ne décrirons pas en détail la forme des écailles; celles-ci varient dans de telles proportions, que leur description risquerait de nous entraîner trop loin. Bornons-nous à dire qu'elles peuvent se rattacher à trois types bien distincts; les unes sont longues et grêles, d'autres courtes et arrondies; on en trouve encore qui sont d'une forme intermédiaire entre les deux types précités.

Examen des mâles. — Dans les parties jaunes, les écailles de chacun des trois types sont représentées; elles sont colorées par un pigment jaune qui apparaît plus compact et couvre une plus grande superficie dans les écailles longues que dans les autres. En outre, la portion proximale de l'écaille, qui contient peu ou pas de pigment et est par conséquent presque transparente, décompose les radiations lumineuses. Par contre, dans les écailles du type allongé, cette portion proximale est souvent légèrement bombée selon deux ou trois zones longitudinales; si les écailles de la sorte ne contiennent pas de pigment, c'est la lumière blanche qui est réfléchie. Si, au contraire, ces écailles bombées contiennent un peu de pigment, ce sont les radiations jaunes qui le sont. Ces deux phénomènes sont très apparents sur les écailles détachées des ailes.

Les écailles des deux lignes transversales contiennent un pigment brunâtre; à la lumière directe, elles se montrent avec un reflet rougeâtre. En superposant

deux ou plusieurs écailles de la couleur du fond, l'image ainsi produite reste jaune et n'atteint pas la coloration brune des lignes transversales. Cela indique donc que le pigment de ces lignes est d'une autre nature que celui de la couleur du fond, et que la coloration brune de *Bombyx neustria* ne provient pas de la surabondance du pigment jaune, mais d'un pigment distinct.

Examen des femelles. — Les trois types d'écailles se retrouvent pour former la couleur du fond et la bande transverse. La différence de coloration entre ces deux parties de l'aile est peu de chose, ce qui en rend l'examen difficile. Nous ne pouvons donc nous rendre compte s'il existe un ou deux pigments pour colorer les ailes des femelles.

Expériences de température élevée avec les chrysalides de Bombyx neustria.

Un certain nombre d'expériences ont été pratiquées, en 1907 et en 1908, avec cette espèce. Environ 100 chrysalides ont été soumises, au commencement de leur nymphose et pendant une durée variable, à l'influence d'une température de 45 à 50°. 65 aberrations ont été obtenues de cette façon.

I. *Les chrysalides sont maintenues dans l'étuve pendant 6 heures* et donnent :
10 aberrations mélanisantes.
9 » albinisantes.

II. *Les chrysalides restent dans l'étuve pendant 14 heures* et donnent :
13 aberrations mélanisantes.
13 » albinisantes.
6 » à la fois mélanisantes et albinisantes.

III. *La durée d'incubation est de 24 heures.* Les chrysalides donnent :
8 aberrations à la fois mélanisantes et albinisantes.

IV. *La durée de l'incubation est de 36 heures.* Les chrysalides donnent :
2 aberrations mélanisantes.
3 » albinisantes.
1 » à la fois mélanisante et albinisante.

Examen des aberrations mélanisantes. — Ces aberrations sont de diverses natures :

Femelles :

1° La couleur du fond devient plus foncée de façon à se rapprocher de celle de la bande

brune. Dans certains cas elle atteint la coloration de celle-ci, en sorte que l'aile supérieure est uniformément colorée en brun (Pl. 1, fig. 1).

2° Il n'y a pas de modification dans la couleur du fond, sauf l'apex et la côte, qui deviennent d'un brun assez foncé.

3° La couleur du fond reste encore sans modification, mais la bande devient d'un brun rouge vif (Pl. 1, fig. 2).

Mâles :

1° La couleur jaune du fond devient brune.

2° L'espace jaune compris entre les deux filets transverses se charge d'atomes bruns.

3° L'espace compris entre les deux filets transverses se comble presque complètement de brun, en sorte que l'aile se trouve traversée par une large bande brune, comme chez les femelles normales

4° La couleur du fond, ainsi que l'espace qui existe entre les deux filets, deviennent d'un beau brun foncé (Pl. 1, fig. 11).

5° Les deux filets deviennent brun foncé et, en outre, s'élargissent de façon à former deux petites bandelettes. L'apex prend également une coloration brune (Pl. 1, fig. 13).

Examen des écailles de ces aberrations. — Il est manifeste que les écailles des Papillons mélanisants, mâles et femelles, sont colorées par une plus grande dose de pigment que normalement ; l'examen microscopique, successivement aux deux lumières et la méthode de superposition de deux écailles, pratiqués l'un et l'autre comparativement avec des écailles de Papillons non modifiés, le montre suffisamment.

En second lieu, et dans certains cas seulement, les écailles mélanisantes semblent contenir un pigment d'une couleur rougeâtre tout à fait spéciale, que l'on ne peut imiter en superposant deux ou plusieurs écailles d'individus normaux. Nous pensons donc que, pour acquérir cette teinte, le pigment normal, brun chez les femelles et jaune chez les mâles, subit une modification due très probablement au fait d'une plus forte oxydation par la température.

Les poils prennent aussi cette teinte brun rougeâtre.

Dans les femelles n° 2, la côte est devenue d'un brun assez foncé ; nous remarquons que les écailles y sont passablement plus grandes qu'au même endroit chez les individus non modifiés ; ces écailles ne contiennent cependant pas un pigment plus abondant et, étudiées séparément, n'ont pas une coloration plus foncée. La couleur anormalement foncée de la côte résulte simplement de ce qu'étant devenues plus grandes, les écailles chevauchent davantage les unes sur les autres.

Examen des aberrations albinisantes.

Femelles :

1° La couleur du fond s'éclaircit et devient jaune.

2° Les ailes, aux emplacements de la couleur du fond, deviennent transparentes.

3° La bande transverse pâlit, peut même devenir de la même couleur que le fond de telle

façon que l'aile se trouve uniformément d'un brun jaunâtre, et chez quelques exemplaires, uniformément jaune (Pl. 1, fig. 7 et 8).

4° Toute l'aile devient transparente (Pl. 1, fig. 9).

5° La bande transverse s'amincit parfois considérablement (Pl. 1, fig. 6).

Mâles :

1° et 2° Comme pour les femelles (Pl. 1, fig. 10).

3° La zone comprise entre les deux filets s'éclaircit considérablement (Pl. 1, fig. 18).

4° Les ailes deviennent transparentes.

5° Les dessins s'effacent, en sorte que l'aile devient uniformément d'un jaune pâle (Pl. 1, fig. 16).

Examen des écailles de ces aberrations. — Il n'est pas douteux, et l'examen microscopique le prouve, que la plupart des écailles des individus clairs contiennent très peu de matière colorante. Elles décomposent donc les radiations lumineuses avec plus d'intensité que les écailles normales qui sont plus pigmentées, et le phénomène optique contribue, en s'alliant à la diminution du pigment, à éclaircir l'aile. Ces deux raisons, à elles seules, sont suffisantes pour expliquer l'éclaircissement de la couleur des aberrations albinisantes.

Cependant, d'autres mécanismes concourent encore à la production de cet éclaircissement.

1° Plusieurs écailles sont sans pigment, et par conséquent ne donnent pas de coloration à l'aile.

2° Quelques-unes se sont bombées à la façon des écailles dont nous avons constaté la présence chez les *Piérides*, chez *Melitæa cinxia* et d'autres et réfléchissent l'ensemble des rayons lumineux, c'est-à-dire la lumière blanche ; l'aile se trouve ainsi parsemée d'éléments blancs qui aident encore à en éclaircir la teinte. Dans les exemplaires les plus pâles, le nombre des écailles de cette nature est assez grand.

3° Les écailles se déforment et deviennent beaucoup plus petites (Pl. 5, fig. 4). Elles laissent donc entre elles des espaces où il n'y a pas de coloration.

4° Les écailles sont moins nombreuses et laissent encore entre elles des espaces vides.

5° Les poils, très abondants chez *Bombyx neustria*, perdent aussi leur pigment ; ils deviennent rares sur les ailes des individus transparents.

6° Ces différentes modifications dans la forme et la disposition des écailles peuvent se présenter à la fois sur les ailes d'un même individu.

Examen des aberrations à la fois albinisantes et mélanisantes.

Femelles :

1° La couleur du fond s'éclaircit, tandis que la bande devient d'un brun rougeâtre.

2° La bande devient d'un brun rougeâtre mais diminue de largeur. Cette diminution se fait

de la façon suivante : la bande s'amincit ; elle se ceintre en son centre de façon à former une sorte d'*x* (Pl. 1, fig. 3, 4 et 5). En outre, la couleur du fond devient jaune pâle, ou d'un brun rougeâtre suivant les cas.

3° Un exemplaire possède les ailes supérieures mélanisantes et les inférieures albinisantes.

Mâles :

1° La couleur du fond s'éclaircit, tandis que les filets deviennent plus larges et plus foncés (Pl. 1, fig. 15).

2° La couleur du fond devient brunâtre à l'apex, les ailes inférieures sont plus pâles et les deux filets sont plus marqués que normalement et brun rouge.

Dans les aberrations de ce genre, les deux filets peuvent s'écarter l'un de l'autre, ou se rapprocher ; ils vont même jusqu'à se souder de façon à former une bandelette qui prend alors une coloration brun rouge. Ces deux filets, dans certains cas, se rejoignent, en leur centre seulement, de manière à constituer un *x*, ou s'écartent pour former un *o ;* enfin, ils peuvent disparaître complètement. Dans ce dernier cas, il est assez difficile de dire si ces aberrations ne sont pas simplement albinisantes (Pl. 1, fig. 12, 14 et 17).

Examen des écailles de ces aberrations. — L'examen microscopique de ces écailles montre que les mécanismes, dans les parties foncées, sont les mêmes que dans les aberrations mélanisantes ; pour former les parties claires nous retrouvons les mêmes procédés que chez les individus albinisants. Cependant, ici, le mécanisme principal réside dans la surpigmentation ou la pigmentation insuffisante.

Nous concluons encore de ces expériences que, sous l'influence d'un même excitant, c'est-à-dire d'une température de 45-50° agissant sur les chrysalides, et malgré la durée variable de leur incubation, les *Bombyx neustria* ont réagi, en ce qui concerne leur pigmentation, de *trois façons différentes,* en se modifiant, les uns dans le sens albinisant, les autres dans le sens mélanisant, d'autres encore dans les deux sens à la fois. S'il a été obtenu, de ces expériences, des individus présentant à la fois les caractères de mélanisme et d'albinisme, nous ne pensons pas que cela puisse modifier l'interprétation que nous donnons à ces résultats. Cela nous montre simplement que l'influence de la température peut, parfois, être localisée et non pas générale à l'ensemble de l'organisme ; les écailles des différentes parties ne se forment probablement pas toutes en même temps et, suivant le développement atteint lorsqu'agit le facteur, les unes sont plus aptes, les autres moins aptes, à recevoir le pigment.

Chez certains individus mélanisants, nous constatons une augmentation dans la taille des écailles et, dans tous, une plus grande abondance de pigment ; en outre,

la plupart sont bien constitués avec gros abdomen, surtout chez les femelles, et possèdent une forte pilosité. Ces caractères sont l'indication de la *force* et de la *rigueur*. Tandis qu'au contraire, parmi les albinisants, quelques-uns sont d'une taille inférieure à la moyenne, avec abdomen généralement fluet, et plusieurs sont nés atrophiés. Tous se font remarquer par le peu de pigment que contiennent leurs écailles et par la réduction du nombre et de la taille de celles-ci; en outre, ces éléments se déforment, deviennent souvent bombés, rabougris. Ces caractères indiquent suffisamment la dégénérescence des individus qui les possèdent.

Selenia tetralunaria.

La figure 24 (Pl. 1), donnera une idée suffisante de l'arrangement des dessins chez cette espèce. Nous ajouterons que, en dessus, les dessins les plus clairs sont jaune brun, avec une teinte rosée et de légers atomes bruns, et que les dessins les plus foncés sont d'un brun foncé; entre ces deux nuances, nous trouvons plusieurs intermédiaires de coloration. Les caractères, en dessous, sont à peu près les mêmes qu'en dessus.

La structure des écailles est légèrement différente de celle observée jusqu'à présent; leur surface, en effet, n'est pas plane, mais bombée selon 2 ou 3 zones longitudinales; elles ont cependant la structure striée habituelle.

Parmi les écailles des parties les plus claires, nous en trouvons une certaine quantité qui sont transparentes et dans lesquelles on n'aperçoit pour ainsi dire pas de matière colorante. A côté de celles-ci, d'autres, tout en étant encore assez transparentes, laissent apercevoir un peu de pigment; mais la coloration qu'en reçoivent ces écailles est de peu d'importance; cependant, si l'on en superpose deux, l'image ainsi produite est légèrement jaunâtre. Dans ces mêmes dessins clairs, nous trouvons encore des écailles jaune brun et des brunes; la superposition de deux écailles de la première nuance donne une image brune.

Les écailles des parties de coloration moyenne contiennent déjà davantage de pigment que celles que nous venons d'examiner. Elles sont brunâtres; deux de ces écailles ayant été superposées, l'image produite atteint la coloration des parties les plus foncées. Nous trouvons en outre, dans ces parties de coloration moyenne, des écailles à tous les degrés de pigmentation.

Enfin, les écailles des parties foncées sont surchargées d'un pigment nettement brun; en effet, la couleur de deux de ces écailles superposées reste brune, malgré l'opacité résultant de cette superposition.

Nous voyons donc que le mécanisme de la coloration des dessins de *Selenia tetralunaria* est le même que pour les *Melitæa : il n'existe, pour former ces dessins, qu'un seul pigment jaune brun* qui, suivant qu'il est peu abondant ou très abondant dans les écailles, donne à celles-ci la coloration jaune brun pâle des parties les plus claires, brun foncé des parties les plus foncées, avec toutes les nuances intermédiaires, lorsque les écailles contiennent du pigment en quantité moyenne.

Reste à expliquer maintenant l'origine de la teinte rosée que nous avons remarquée dans les parties les plus claires; elle provient de celles des écailles qui contiennent le moins de pigment, et est vraisemblablement produite par la forme de ces écailles. En effet, nous avons signalé que les écailles de *Selenia tetralunaria* sont bombées selon 2 ou 3 zones parallèles, longitudinales; ce dispositif, qui change l'angle d'incidence des stries, et le fait que ces écailles contiennent peu de matière colorante, produisent le même effet que celui produit par les écailles bombées des Piérides et des *Melitæa cinxia*.

En définitive, les parties claires se trouvent donc composées d'écailles brunes, de jaunes et de *blanches* et le résultat de cette combinaison est la teinte rosée dont nous cherchons l'origine.

Toutes les écailles de *Selenia tetralunaria* sont bombées de la sorte : mais celles qui sont surpigmentées et qui constituent les dessins foncés, ne donnent pas lieu au phénomène optique indiqué, et cela par suite de leur opacité.

Il est facile de se rendre compte de ce que nous venons de dire, en examinant au microscope les ailes entières d'un individu de cette espèce; on remarquera en effet qu'à la lumière directe les écailles peu pigmentées présentent, sur leur surface, 2 ou 3 bandes blanches à la place où se trouvent les zones bombées.

Les individus de *Selenia tetralunaria* possèdent, à chaque aile, un *croissant blanc* à reflets métalliques; or, les écailles qui composent ce croissant sont *noires*, mais si grêles et en si petit nombre que la transparence de l'aile est suffisante pour donner à ces croissants l'illusion de la blancheur. Nous confirmons par là ce que nous avons vu maintes fois, à savoir *que la transparence n'est pas seulement due à la rareté des écailles, mais encore à la réduction de taille de celles-ci.*

Expériences de température avec les chrysalides de Selenia tetralunaria.

Des expériences, en vue de rechercher l'influence de la température sur les chrysalides de cette espèce, ont été pratiquées en 1907.

Les individus de la génération d'hiver passent cette saison sous forme de chrysalide; ils apparaissent au printemps à l'état d'adulte avec les colorations que nous

venons de décrire. Les individus de la génération estivale subissent toute leur ontogénie pendant la belle saison et apparaissent sous forme d'adulte, avec les mêmes dessins que les précédents, mais beaucoup plus clairs et rougeâtres.

60 chrysalides de la génération hivernante, reçues d'Allemagne en février 1907, ont été divisées en trois lots, dont deux ont été soumis à l'influence de l'élévation de la température, et un a été laissé dehors, dans les conditions naturelles, pour servir de témoin.

I. *20 chrysalides sont placées, dès leur réception, dans une température de 15°*, où elles restent jusqu'au moment de leur éclosion : celle-ci eut lieu dans l'espace de 12 à 15 jours qui suivit le début de l'expérience.

II. *20 chrysalides sont placées, dès leur réception, dans une température de 35°*, où, de même que les précédentes, elles restent jusqu'au moment de leur éclosion : celle-ci survint également dans l'espace de 12 à 15 jours après le commencement de l'expérience.

Dans les deux cas les résultats sont les mêmes : *production de la couleur claire des individus de la génération d'été*, pour 16 individus sur 19 éclos de ces expériences, et production d'une teinte intermédiaire pour les 3 autres individus (Pl. 1, fig. 25).

III. *20 chrysalides constituent le lot témoin et sont maintenues dehors ;* elles éclosent au printemps et donnent des Papillons foncés, semblables à ceux que nous avons décrits comme constituant la forme d'hiver.

Dans les aberrations obtenues, les parties les plus foncées sont rougeâtres ; les parties moyennement colorées sont jaunâtres, légèrement rosées, les parties les plus claires sont devenues blanches.

A l'examen microscopique, il est aisé de reconnaître que les écailles des parties rouges et celles des parties jaunes contiennent, respectivement, moins de pigment que les mêmes parties chez les individus normaux. Quant aux parties blanches, on se rend bien compte que leurs écailles n'ont pas de pigment, et réfléchissent la lumière blanche par suite de leur structure spéciale, bombée.

Les écailles des parties moyennement colorées et celles des parties foncées contiennent, en proportions diverses, des écailles jaunes et des brunes. Mais, au milieu de celles-ci, nous en trouvons qui sont vides. De cette combinaison entre éléments colorés bruns, jaunes et blancs, provient la couleur rosée et rougeâtre de ces parties. En outre, comme leur pigment est peu abondant, leur nuance est plus claire que chez les témoins.

Les écailles de ces individus n'ont été modifiées ni dans leur taille ni dans leur forme.

Cette expérience met en relief d'une façon remarquable la loi de la variation par mélanisme et albinisme des parties et l'un des mécanismes qui concourent à produire cette variation.

Le fait que les chrysalides de *Selenia tetralunaria* n'ont réagi, sous l'influence de la température, que dans le sens de l'albinisme, ne contredit pas les conclusions des autres expériences. Il est évident qu'il se rencontre des espèces qui ne peuvent réagir que dans un sens.

Psilura monacha.

Les ailes supérieures, chez le mâle et chez la femelle, sont d'un blanc légèrement brunâtre, avec des points et quatre lignes transverses en zigzags noirâtres. Les ailes inférieures sont d'un blanc sale, légèrement plus foncées que la couleur du fond des supérieures, avec l'extrémité blanchâtre. On trouve parfois des individus chez lesquels les ailes inférieures sont d'un gris brunâtre assez foncé.

Dans l'ab. *nigra*, les bandes en zigzags deviennent plus larges et la couleur du fond plus foncée; les bandes peuvent s'élargir à tel point qu'elles se réunissent, en sorte que toute la surface de l'aile est d'un noir brunâtre uniforme; les individus qui sont ainsi frappés de mélanisme complet caractérisent l'ab. *eremita*. Chez cette dernière, il arrive souvent que les ailes inférieures deviennent uniformément d'un noir brunâtre. On rencontre plusieurs intermédiaires, quant à la coloration, entre l'espèce et les deux aberrations.

Examen des écailles. — Les écailles des ailes de *Psilura monacha* peuvent se rattacher à trois types distincts en ce qui concerne leur taille et leur forme : des larges et arrondies, des longues et grêles, et des intermédiaires; mais la démarcation entre ces trois types est plus difficile à faire que pour les écailles de *Lasiocampa quercus* et de *Bombyx neustria*.

Les écailles de la couleur du fond sont presque transparentes et décomposent activement les radiations lumineuses. Détachées de l'aile et examinées au microscope, à la lumière directe, elles montrent une légère coloration *brun pâle* aux endroits où le pigment est amassé; celui-ci est surtout apparent à l'extrémité distale de l'écaille et s'étend le long de deux ou trois filets longitudinaux; l'extrémité proximale est toujours incolore. On se rend encore compte de l'existence de ce pigment brun par la superposition de deux ou trois écailles; ce procédé ne laisse aucun doute sur la nature de leur coloration. C'est grâce à l'extrême rareté de cette matière colorante et au fait que les écailles décomposent la lumière que le fond des ailes apparaît blanc.

Les bandes zigzaguées comportent des écailles qui varient quant à leur degré d'opacité. Les unes sont peu opaques : leur couleur est brune ; d'autres le sont davantage : elles sont brun foncé ; enfin le plus grand nombre d'entre elles sont tout ce qu'il y a de plus opaques à leur extrémité distale, qui paraît alors *noire*, tandis que leur milieu, qui contient moins de matière colorante, est nettement brun foncé, et leur extrémité proximale, qui n'en contient presque pas, est brun clair. La superposition de deux écailles brunes donne une figure noire. D'autre part, la superposition de quatre écailles de la couleur du fond donne une figure d'un brun foncé qui n'est pas loin d'atteindre, en coloration, celle des parties les plus foncées de l'aile.

L'examen des écailles des ailes inférieures donne les mêmes résultats que pour les supérieures.

Nous voyons, par ce qui précède, qu'il n'existe qu'un seul pigment (brun) pour former les différents dessins des ailes de *Psilura monacha* et que *la couleur de ces dessins ne provient que de la quantité dont ce pigment est réparti dans les écailles.*

Les ailes inférieures varient, quant à leur nuance, du blanc sale au brun grisâtre ; c'est à une combinaison d'écailles brunes à divers degrés d'opacité que cette variation est due.

Dès lors, il nous sera facile de comprendre le mécanisme de la création des aberrations *nigra* (Pl. 1, fig. 19 et 20) et *eremita*. Sur les ailes des premières, les bandes s'élargissent et la couleur du fond s'assombrit. Or, l'examen microscopique nous montre que cette couleur du fond contient, en très grande proportion, des écailles opaques et que la zone qui avoisine les bandes en comporte aussi une plus grande quantité que normalement. Chez les individus *nigra* très foncés, l'opacité augmente pour la plupart des écailles et surtout dans les zones qui limitent les bandes. Enfin, pour constituer les ailes uniformément brun noirâtre de l'ab. *eremita*, l'opacité augmente dans presque toutes les écailles.

L'assombrissement des ailes inférieures se fait de la même façon, par augmentation du nombre des écailles opaques.

C'est donc par la surproduction du pigment brun normal que se forment les aberrations *nigra* et *eremita*.

Expériences de température élevée avec Psilura monacha.

Ces expériences ont été pratiquées avec une quarantaine de chrysalides qui ont été divisées en deux lots :

I. *Les chrysalides ont été placées, durant 3 heures chaque jour, les 3 premiers jours de la nymphose, dans une température de 45°.*

II. *Les chrysalides ont été placées dans la même température, et pendant la même durée, les 5 premiers jours de la pupation.*

Nous ne considérerons, parmi les résultats de ces expériences, que les *aberrations albinisantes*. En effet, celles qui possèdent des caractères mélanisants, ou à la fois mélanisants et albinisants, sont identiques, quant à leur coloration et à la nature de leur pigment, aux aberrations naturelles *eremita* et *nigra;* on ne peut donc dire si la production de ces formes est le résultat de l'expérience.

En dehors des individus qui n'ont pas été modifiés et de ceux qui appartiennent aux deux aberrations susmentionnées, nous avons obtenu de ces expériences :

9 *aberrations albinisantes* qui présentent les caractères suivants :

a) 2 individus du lot 1 ont les lignes minces et pâles ; la couleur du fond couvre donc une plus grande superficie que normalement.

b) 4 individus des lots 1 et 2 ont les ailes en partie transparentes, avec les dessins des ailes supérieures pâles, effacés et nettement *bruns* (Pl. 1, fig. 23).

c) 2 individus des lots 1 et 2 ont les ailes supérieures légèrement transparentes, avec les dessins presque complètement effacés (Pl. 1, fig. 21).

d) 1 individu du lot 1 est légèrement transparent aux 4 ailes avec les dessins à peine marqués (Pl. 1, fig. 22).

Examen des écailles. — L'examen des écailles et des ailes entières des individus modifiés confirme absolument la majeure partie de ce que nous avons démontré jusqu'à maintenant touchant les mécanismes de l'albinisme.

a) La faible pigmentation de la couleur du fond s'étend aux écailles qui avoisinent les bandes ; celles-ci se trouvent donc bordées de chaque côté d'écailles blanches, ce qui augmente la surface du fond au détriment de la largeur des bandes.

b) et *c)* Les écailles se déforment et diminuent de taille ; toutes ont peu de pigmentation. En outre, les espaces vides qui les séparent sont appréciables. Pour constituer la bande nettement *brune* des 4 individus *b*, nous remarquons que la plus grande partie des écailles sont peu colorées, transparentes aux $^2/_3$ de leur région proximale ; la superposition de deux de ces écailles montre que leur pigment n'a pas été modifié et qu'il est de même coloration que le pigment normal ; c'est à sa moins grande abondance qu'est due la couleur brune de ces bandes. Quant à l'effacement des bandes zigzaguées des deux individus *c*, il est dû au fait qu'une bonne partie des écailles qui composent ces dessins sont vides ou à peu près : on n'y rencontre qu'un petit nombre d'écailles à opacité normale.

d) La transparence des ailes de l'individu de cette catégorie est due au fait que les écailles sont moins nombreuses que normalement et laissent des jours entre elles. Mais elles ne sont ni déformées ni plus petites que chez les individus non

modifiés. L'effacement des dessins est dû, ici, au même mécanisme que pour les exemplaires *c*.

Ces recherches confirment encore que l'albinisme est le résultat d'un affaiblissement de l'organisme.

Ocneria dispar.

La couleur du fond des mâles est assez variable : celle des témoins des expériences dont nous parlerons plus loin est brun clair. L'aile supérieure est traversée par quatre lignes zigzaguées brun foncé, dont la deuxième, à partir de la base, est plus large que les autres ; elle est accompagnée d'un I discoïdal d'un brun plus foncé qu'elle. Les ailes inférieures sont d'un brun presque uniforme et légèrement plus foncées que les ailes supérieures. Une bordure de même nuance que les lignes et accompagnée de points marginaux complète le dessus des quatre ailes.

La femelle est passablement plus grande que le mâle et a les ailes plus allongées ; elle est d'un blanc légèrement jaunâtre, ou brunâtre, avec les mêmes dessins que le mâle.

La variation des individus de cette espèce, à l'état naturel, se porte fréquemment sur la teinte de la couleur du fond qui, pour les mâles, peut devenir d'un brun cendré plus ou moins clair, ou bien atteindre, en coloration, celle des lignes zigzaguées ; dans ce dernier cas, ces lignes ne sont presque plus visibles.

Examen des écailles. — Les écailles des Papillons de cette espèce varient passablement quant à leur forme et à leur taille, suivant les régions de l'aile où elles sont considérées ; comme pour la plupart des espèces étudiées, ces écailles peuvent se rattacher à trois types ; les unes sont longues et grêles, d'autres courtes et arrondies, et on en trouve également dont la forme est intermédiaire entre les deux types précités ; les modifications dans la pigmentation affectent aussi bien les unes et les autres de ces écailles.

Femelles. — L'examen microscopique des écailles détachées de l'aile, à la lumière directe comme à la lumière transmise, et d'après la méthode habituelle, nous montre que le pigment qu'elles contiennent n'est pas blanc, mais légèrement brunâtre ; il y est déposé en fort petite quantité et, de ce fait, les écailles sont transparentes. Nous superposons deux d'entre elles et la figure qui résulte de cette superposition affecte la coloration des lignes zigzaguées.

Les écailles de ces lignes sont plus opaques, partant, plus riches en pigment que celles de la couleur du fond. Deux d'entre elles superposées reproduisent la coloration du *V* discoïdal.

Nous voyons, par ce qui précède, qu'un seul et même pigment existe pour former la couleur du fond et les dessins des ailes des femelles d'*Ocneria dispar* et que la quantité de ce pigment constitue seule la différence de coloration des écailles.

Mâles. — Parmi les écailles de la couleur du fond, nous en trouvons quelques-unes qui sont peu colorées et de même nuance que celles de la couleur du fond des femelles. Les autres sont moins transparentes, d'un brun plus apparent, et, en superposant deux de ces dernières, on obtient la nuance des lignes zigzaguées, ou de la bordure marginale. Chez les individus qui sont d'un brun cendré, le nombre des écailles peu pigmentées, c'est-à-dire presque blanches, domine ; tandis que chez les Papillons dont la teinte est plus foncée, ce sont les écailles opaques qui sont plus nombreuses. Si nous plaçons deux écailles de la bordure marginale ou des lignes zigzaguées l'une sur l'autre, c'est la coloration du *V* discoïdal qui est ainsi reproduite.

Nous voyons par là que, de même que pour les femelles, les différents dessins des mâles ne sont constitués que par un seul et même pigment, dont la quantité constitue, seule, la différence de coloration. En outre, le fait que les écailles les plus claires des mâles sont de même couleur et ont le même degré de transparence que les écailles claires des femelles, nous montre qu'il n'y a qu'une seule sorte de pigment pour les deux sexes.

Nous avons encore étudié plusieurs individus de la forme asiatique d'*Ocneria dispar*, ab. *japonica*. Leurs écailles sont légèrement différentes, quant à leur forme, de celles de l'espèce européenne ; mais les conclusions que nous tirons de cette étude, touchant la coloration des ailes et la nature du pigment, sont les mêmes que celles que nous avons tirées de l'examen de l'espèce type.

Expériences de température avec les chrysalides d'Ocneria dispar.

Influence de la chaleur. — Nous avons pratiqué, en 1909 et 1910, plusieurs séries d'expériences en soumettant les chrysalides de l'espèce européenne et de la variété asiatique à l'action d'une température de 40-45° ; pour cela les chrysalides ont été divisées en plusieurs lots qui ont été placés dans l'étuve pendant 7 heures le premier jour, ou bien pendant 7 heures les deux premiers, les quatre premiers,

les cinq premiers, ou les six premiers jours de la nymphose. Dans d'autres séries, les chrysalides ont été incubées chaque jour 14 heures pendant les deux premiers, les trois premiers, ou les quatre premiers jours de la pupation. Les résultats obtenus, peu nombreux comparativement à la grande quantité de chrysalides expérimentées, sont assez semblables les uns aux autres, malgré la diversité dans la durée de l'incubation. Comme précédemment, la variation s'est produite suivant la loi du mélanisme et de l'albinisme des parties.

Aberrations mélanisantes.

Mâles. *Ocneria dispar.* — La couleur du fond devient brun ocre ; ou bien elle reste de coloration normale, mais la deuxième ligne zigzaguée prend de l'ampleur et envahit tout le centre de l'aile. Dans d'autres cas, la couleur du fond devient presque aussi foncée que les lignes zigzaguées et que la bordure.

Ab. *japonica.* — Les caractères mélanisants sont les mêmes que pour l'espèce européenne, mais le nombre des individus brun ocre est plus élevé.

Femelles. *Ocneria dispar.* — La couleur du fond ne se modifie guère ; le principal caractère mélanien réside dans l'élargissement de la deuxième ligne zigzaguée qui devient une véritable bande brun foncé (Pl. 2, fig. 4). Les ailes inférieures se saupoudrent, parfois, d'atomes brunâtres.

Ab. *japonica.* — Mêmes caractères que pour l'espèce européenne ; parfois, en outre de l'élargissement de la deuxième ligne, les autres prennent plus d'ampleur et d'intensité, sans toutefois prendre la taille d'une bande.

Aberrations albinisantes.

La modification des caractères est la même pour les mâles et pour les femelles.

Ocneria dispar. — Ces caractères résident principalement dans la pâleur du fond et dans la pâleur générale de l'aile, qui, chez les femelles, devient toujours d'un blanc presque pur. Parfois les lignes zigzaguées s'effacent plus ou moins, et peuvent même disparaître tout à fait chez certaines femelles. La transparence des ailes, à un degré plus ou moins accentué, est très répandue, surtout chez les femelles ; pour une de celles-ci, les ailes sont uniformément transparentes, sans trace de dessins, sauf le V discoïdal qui reste marqué, quoique légèrement effacé. Pour les mâles, la transparence n'affecte qu'une portion des ailes inférieures.

Ab. *japonica.* — Les caractères d'albinisme, pour la variété asiatique, sont les mêmes que pour l'espèce européenne, mais, parfois, beaucoup plus marqués encore. C'est ainsi que nous trouvons des mâles qui sont réellement *frappés d'albinisme*, en ce sens que leur couleur du fond est blanche et que les lignes zigzaguées sont devenues grises (Pl. 2, fig. 7) ; la transparence, chez deux mâles, gagne presque toute l'aile inférieure (Pl. 2, fig. 6).

Aberrations à la fois mélanisantes et albinisantes.

Ocneria dispar. — Nous ne signalerons qu'un seul mâle dont la couleur du fond est brun ocre, avec zones blanches à l'extrémité des supérieures (Pl. 2, fig. 8).

Ab. *japonica.* — Parmi les femelles, nous indiquerons trois individus dont la deuxième ligne s'est élargie en une bande de belle envergure, d'un brun très foncé, tandis que toutes les autres lignes ont disparu (Pl. 2, fig. 1).

Un mâle a les extrémités des ailes supérieures blanchâtres, tandis que leur racine est d'un brun très foncé, couleur du fond des inférieures brun ocre (Pl. 2. fig. 9).

Dans aucun cas le V discoïdal n'a disparu.

Influence du froid. — Ces expériences n'ont été pratiquées qu'avec l'espèce européenne ; elles ont eu lieu pendant les hivers 1904-1905 et 1909-1910.

Les œufs, provenant de plusieurs pontes, ont été forcés en décembre 1904 dans le premier cas, et en automne 1909, dans le second, en les plaçant dans une chambre à température de 20-22°. Les jeunes chenilles, écloses au bout de quelques semaines, ont été élevées dans la même chambre et divisées en deux lots, dont l'un a été nourri de feuilles de Rosier et l'autre de feuilles de Sapin. Les éclosions des Papillons ont eu lieu à partir de juin 1905 et d'avril 1910.

La nourriture avec le Rosier n'amène pas de modification appréciable dans la couleur des ailes ; c'est ce dont nous nous sommes rendu compte au moyen d'expériences antérieures. Quant à la nourriture avec le Sapin, elle crée des formes albinisantes que nous avons décrites (1909, 129) et dont il y a lieu de tenir compte.

Dans les expériences de 1904-1905 (voir 1909, 127), ce sont les *chenilles adultes* qui ont été soumises à l'action d'une température de 15°, c'est-à-dire de 8 à 10° inférieure à la température normale, tandis que les chrysalides n'ont pas eu à subir les effets du froid.

Les Papillons qui proviennent de ces expériences sont *albinisants* en ce qui concerne les mâles (blanchiment de la couleur du fond et éclaircissement des lignes zigzaguées) et *mélanisants* en ce qui concerne les femelles (ailes inférieures teintées de brunâtre).

Dans les expériences de 1909-1910, les chenilles sont élevées dans la température à peu près normale, (20-22°) ; mais ce sont les *chrysalides* qui sont soumises à l'action de l'abaissement de la température. Ces chrysalides sont divisées en deux lots :

I. Une trentaine de chrysalides sont maintenues, pendant toute la durée de la nymphose, *dans une température de 15°*, c'est-à-dire de 8 à 10° inférieure à celle dans laquelle l'espèce se développe à l'état naturel.

II. Une vingtaine de chrysalides sont gardées en chambre, mais sont placées *dehors pendant 5 à 10 matinées consécutives ;* là, elles subissent l'action du froid qui varie entre — 2° et + 10°.

Les Papillons des deux lots sont modifiés de la même façon. Les femelles sont en plus grand nombre que les mâles. (6 mâles sur 32 Papillons modifiés).

Les caractères *mélanisants* résident dans l'assombrissement de la couleur du fond, pour ce qui concerne les mâles. Chez les femelles, la deuxième ligne zigzaguée devient une bande large et foncée et les autres lignes s'accentuent légèrement (Pl. 2. fig. 3).

Les caractères *albinisants* ne se rencontrent que chez les femelles[1] ; ils résident dans le blanchiment de la couleur du fond, l'effacement des lignes zigzaguées et la transparence très accusée de l'aile (Pl. 2, fig. 5). Chez un individu, les ailes sont complètement transparentes et les lignes totalement effacées.

Dans aucun cas le V discoïdal n'a disparu.

Examen des écailles. — Les mécanismes de la production du *mélanisme* sont, ici, très simples. Si l'on compare les écailles des parties qui sont devenues plus foncées avec les écailles des parties correspondantes des Papillons normaux, il est facile de se rendre compte que les premières sont plus opaques, autrement dit, plus pigmentées que les secondes. Et, si nous superposons deux écailles normales, nous obtenons la teinte des écailles des parties devenues mélanisantes. Cela nous montre que la production du mélanisme est due simplement au fait de la plus grande abondance du pigment normal.

En ce qui concerne la production de la couleur brun ocre de certains individus, elle est vraisemblablement due à un phénomène d'oxydation.

Inversement, pour produire les formes *albinisantes*, les écailles ne reçoivent pas une dose suffisante du pigment normal. L'examen comparatif des écailles des parties modifiées et des parties non modifiées montre, en effet, qu'une grande proportion des premières ne contient presque pas de pigment, et que, dans les cas où le blanchiment est accentué, le nombre des écailles incolores est très considérable. C'est surtout chez certaines femelles d'*Oeneria dispar* et chez les deux mâles de l'ab. *japonica* devenus blancs, que cette constatation se fait facilement.

Dans un grand nombre de cas, à la faible dose de pigment s'associe une réduction de la taille des écailles, ainsi que la déformation de celles-ci, ce qui conduit à la transparence des ailes. Dans d'autres cas, où la transparence est très accusée, aux trois modifications précitées, vient s'ajouter encore la rareté des écailles.

Les mécanismes que nous venons de signaler se présentent aussi bien chez les Papillons modifiés par la chaleur que chez ceux modifiés par le froid.

Les expériences qui précèdent et l'examen des écailles des Papillons qui en proviennent, confirment la plupart des faits que nous avons mis en évidence jusqu'à maintenant. Il n'y a donc pas lieu de revenir sur ces faits.

[1] Il ne faudrait pas croire que les femelles soient seules susceptibles d'être modifiées, sous l'action du froid affectant les chrysalides, dans le sens de l'albinisme ; le nombre des mâles issus de ces deux dernières expériences est, en effet, trop petit (6 sur 32 Papillons modifiés) pour que l'on puisse tirer cette conclusion.

Lasiocampa quercus.

Chez les mâles, les quatre ailes sont traversées par une bande fauve, coudée. A droite et à gauche de cette bande la couleur est d'un brun ferrugineux, plus foncé à la portion proximale qu'à la portion distale, qui est presque toujours sablée d'atomes fauves; la bande coudée est nettement coupée intérieurement et fondue extérieurement dans l'espace terminal.

Les femelles sont beaucoup plus grandes que les mâles, d'un fauve qui varie assez souvent de nuance; la ligne coudée est peu accentuée chez les individus pâles et n'est bien marquée que chez les exemplaires foncés. Il existe, en effet, certaines femelles qui sont d'un brun foncé et dont l'aspect général rappelle beaucoup celui des mâles.

Chez les deux sexes se trouve, au centre de l'aile supérieure, un point discoïdal blanchâtre.

L'ab. *spartii*, avec les individus de laquelle nous avons pratiqué un certain nombre d'expériences, se distingue de l'espèce par les caractères suivants, qui affectent principalement la forme des ailes et de la bande coudée :

Les ailes supérieures des mâles sont coupées plus carrément, c'est-à-dire à bord terminal plus droit que chez *quercus*. Leur fond est d'un brun violacé, plus foncé à l'intérieur de la bande coudée; celle-ci est étroite aux quatre ailes et moins arquée. Parfois, tout l'espace terminal est fauve.

Les caractères de la femelle résident principalement dans la teinte qui est d'un fauve foncé.

La variation de cette espèce, à l'état naturel, se porte surtout sur la coloration du fond, qui devient plus ou moins foncée suivant les cas, et principalement chez les femelles. La partie de l'aile qui modifie le plus sa coloration est l'espace terminal; la bande coudée peut, en effet, s'étendre à l'extérieur jusqu'au bord terminal. Aux ailes inférieures, il arrive souvent que toute la partie située à l'extérieur de la bande soit jaune, de même couleur que celle-ci.

Examen des écailles (Pl. 5, fig. 6 et 7). — Les écailles qui tapissent les ailes de *Lasiocampa quercus* et de son ab. *spartii*, quoique présentant les formes les plus variées, principalement en ce qui concerne le nombre et la longueur de leurs dents, peuvent encore se rattacher à trois types distincts : les unes sont longues et grêles, d'autres courtes et arrondies; entre ces deux sortes, on en trouve dont la forme est

intermédiaire. Les poils sont très nombreux et couvrent toute la superficie de l'aile; ils forment un feutre assez épais dans le voisinage du thorax. Ces poils participent de la coloration des parties de l'aile qu'ils recouvrent; ils sont placés légèrement *au-dessus* des écailles, en sorte qu'ils gênent beaucoup l'examen direct des ailes, par suite de l'ombre portée qu'ils projettent sur elles.

Le point discoïdal est composé d'écailles dont la plupart sont du type allongé; elles contiennent très peu d'un pigment *fauve* et sont, par conséquent, transparentes et presque blanches. La superposition de deux ou trois de ces écailles reproduit à peu près la couleur fauve des femelles ou de la bande des mâles, ce qui nous montre que leur pigment est bien fauve et non pas blanc.

Les écailles des *femelles* sont, dans la moitié distale de l'aile, presque toutes du type arrondi; elles sont plus grandes que les écailles des parties correspondantes et du même type, prises chez les mâles. Les écailles des femelles de coloration claire sont peu pigmentées, transparentes; la matière colorante y est surtout amassée dans les dents et au bord distal; elles contiennent un pigment fauve. Dans la moitié proximale de l'aile, les écailles du type allongé sont plus nombreuses; leur pigment, de même nature et de même coloration que celui des écailles de la portion distale, en colore une plus grande superficie. La superposition de deux écailles, prises dans les parties claires, reproduit la couleur de la bande qui traverse l'aile et de certaines femelles légèrement plus foncées.

Nous voyons donc, par ce qui précède, qu'un seul pigment existe pour former les différentes parties des femelles fauves de *Lasiocampa quercus*.

Cependant, la superposition de plusieurs écailles des femelles fauves n'atteint jamais une coloration qui dépasse la teinte fauve; au moyen de ce procédé on ne peut imiter le brun des écailles de certaines femelles très foncées. Cela laisse donc supposer que, chez ces dernières, le pigment fauve a été modifié en un pigment brun.

Les écailles des *mâles* appartiennent aux trois types précités; elles sont plus petites que celles des femelles.

Pour former la *bande fauve*, ce sont des écailles du type arrondi qui existent en majeure partie; elles sont colorées par un pigment peu abondant, fauve pâle; à l'examen, nous voyons qu'il est de même coloration que le pigment des femelles claires. En outre des écailles arrondies, on trouve encore celles des deux autres types, mais peu colorées.

Pour former la *région terminale de l'aile*, ce sont les écailles du type allongé et celles du type intermédiaire qui dominent. La couleur de cette partie de l'aile est parsemée d'atomes fauves qui la rendent plus claire et qui possèdent les écailles des trois types.

Pour former la *région proximale de l'aile*, qui s'étend à l'intérieur de la bande fauve, le nombre des écailles du type allongé et du type moyen domine. Ici, toutes les écailles sont pigmentées d'un brun rougeâtre et on ne rencontre que rarement des écailles fauves. La matière colorante est, parfois, assez abondante pour colorer l'écaille sur toute sa longueur. Mais ce sont surtout les poils qui donnent, à cette partie de l'aile, sa teinte plus foncée ; ceux-ci, en effet, sont très opaques et contiennent, en forte surcharge, le pigment brun rouge normal.

Nous avons pratiqué la superposition de deux ou plusieurs écailles de la bande fauve, et l'examen microscopique de cette bande sur des ailes entières, et cela, comparativement avec les parties foncées ; nous avons remarqué qu'il existe *deux sortes de pigments* pour colorer les *Lasiocampa quercus* mâles : un pigment fauve, qui ne se rencontre que dans la bande et dans certaines écailles de l'extrémité distale, et un autre, brun rouge, d'un aspect différent, qui colore la racine et le centre de l'aile, ainsi que le reste des écailles de l'extrémité distale. En effet, en superposant deux ou plusieurs écailles fauves on ne parvient pas à obtenir la teinte brun rouge des autres écailles.

Expériences de température avec les chrysalides de Lasiocampa quercus ab. spartii.

Les cocons qui ont donné lieu à ces expériences proviennent de deux pontes effectuées en 1908, et dont les chenilles ont été nourries avec des feuilles de Lierre. Dès l'automne 1908, ces larves sont maintenues dans une chambre tempérée (18° environ) et elles se métamorphosent dans le courant de l'hiver. Les unes ne subissent pas de diapause et s'encoconnent en novembre et en décembre 1908; d'autres mènent une vie ralentie et se chrysalident en janvier et février 1909; enfin, un certain nombre de ces chenilles subissent une diapause hivernale malgré l'absence de l'action des basses températures, et se métamorphosent dans le courant de mars 1909.

En février 1909, il est prélevé 18 de ces chenilles qui n'ont pas encore effectué leur dernière mue, ou qui viennent à peine de l'effectuer, et nous les plaçons dans une chambre non chauffée, située au nord, et dont la fenêtre est fréquemment ouverte; la température de cette chambre est donc relativement basse et oscille entre 2 et 8°. La pupation de ces chenilles a lieu en avril et mai.

La durée de la nymphose des sujets mis en expérience, disons-le en passant, varie dans une large mesure; il ne semble pas qu'il y ait de corrélation entre la date de la chrysalidation et celle de l'éclosion. Les premiers Papillons ont apparu

en mai 1909; ils provenaient de chrysalides métamorphosées en décembre 1908, janvier, février et mars 1909, tandis que les derniers éclos provenaient de chrysalides formées précisément en même temps. Le premier cocon a été tissé le 18 novembre 1908 et n'a donné qu'en septembre 1909 naissance à l'insecte parfait. La dernière pupe formée (10 avril 1909) a éclos le 29 août suivant. Nous voyons, par ce qui précède, que les cocons qui ont servi à ces expériences ont vécu pendant l'hiver 1908-1909 et qu'ils ont duré passablement plus longtemps que les cocons normaux [1].

A l'état normal, *Lasiocampa quercus* subit son évolution nymphale en juillet et août; celle-ci dure un mois par une température d'environ 25°. Pour l'éducation des témoins de nos expériences nous avons donc cherché à imiter autant que possible les conditions habituelles. Mais, s'il nous est facile d'imiter celles qui ont trait à la *température* d'incubation des cocons témoins, nous ne pouvons le faire en ce qui concerne la *durée de leur nymphose*. Ainsi que nous l'avons montré dans de précédentes recherches (1906, 127) l'état nymphal des *Lasiocampa quercus* dont on a supprimé l'hivernage à l'état de larve dure plusieurs mois et se prolonge parfois bien au delà de l'époque habituelle d'éclosion. Il nous faudra donc tenir compte de cette différence de durée entre les cocons normaux et ceux de nos témoins, quoique en somme, elle ne doive influencer en aucune façon l'examen des résultats; en effet, les cocons qui ont été expérimentés, de même que les témoins, ont eu une longue nymphose et, si le temps que l'insecte passe à l'état de pupe doit agir sur sa pigmentation, il agira aussi bien sur les témoins que sur les expérimentés.

Détail des expériences et résultats obtenus.

Expérience n° 1. (Relative à l'obtention des Papillons témoins).

21 chenilles élevées dans 18° s'encoconnent, les unes entre le 12 et le 19 décembre 1908 les autres entre le 12 et le 18 février 1909. Les chrysalides sont maintenues dans cette température de 18° jusqu'au printemps, et ensuite dans la température du dehors.

Aberrations obtenues : 9 ♀ et 8 ♂ (4 cocons n'ont pas éclos).

Durée de la nymphose : ♀, la plus courte : 4 mois :
♀, la plus longue : 6 » 5 jours ;
♂, la plus courte : 3 » 5 »
♂, la plus longue : 7 » 7 »

[1] A l'état naturel, *Lasiocampa quercus* se chrysalide vers la fin de juin ou le commencement de juillet; l'adulte apparait un mois environ après l'encoconnement.

Papillons : Les mâles ne présentent rien d'anormal dans la coloration de leurs ailes. Parmi les femelles, 6 sont plus foncées et 2 sont passablement plus pigmentées que la mère.

Expérience n° 2.

Les cocons sont maintenus, depuis leur formation jusqu'au printemps suivant, dans une température de 15-16°.

Ces cocons proviennent de 29 chenilles élevées dans 18° et qui s'encoconnent, les unes en décembre 1908, les autres en janvier et février 1909.

Aberrations obtenues : 8 ♀ et 9 ♂ (9 cocons n'ont pas éclos).

Durée de la nymphose : ♀, la plus courte : 5 mois 9 jours ;
♀, la plus longue : 7 » 23 »
♂, la plus courte : 5 » 1 »
♂, la plus longue : 7 » 5 »

Papillons : Les mâles et les femelles sont à peu près comme les parents. Cependant, un mâle a la bande fauve de l'aile inférieure qui s'étend jusqu'à la frange (albinisant) et une femelle est légèrement plus foncée que la mère.

Observation : Nous remarquons qu'une température de 15° (inférieure de 10° à la normale) agissant pendant tout l'hiver sur les chrysalides, ne semble pas avoir d'effet sur la pigmentation des Papillons.

Expérience n° 3.

Les cocons sont maintenus, depuis leur formation jusqu'au printemps suivant, dans une température variant entre 5 et 11°, de décembre 1908 à mars 1909, et ne dépassant pas 15° en avril. A partir de ce moment ils subissent la température du dehors.

Ces cocons proviennent de 51 chenilles élevées dans 18° et qui se sont encoconnées de janvier à mars 1909.

Aberrations obtenues : 22 ♀ et 23 ♂ (6 cocons non éclos).

Durée de la nymphose : ♀, la plus courte : 5 mois 22 jours ;
♀, la plus longue : 5 » 25 »
♂, la plus courte : 9 » 14 »
♂, la plus longue : 7 » 7 »

Papillons, Mâles :

a) 13 sont comme leur père.
b) 8 ont la bande fauve de l'aile inférieure allant jusqu'au bord marginal.
c) 1 est passablement plus foncé que le père.
d) 1 a les ailes inférieures plus claires que celles du père.

Femelles :

a) 3 sont comme la mère.
b) 4 sont très pâles aux 4 ailes (Pl. 4, fig. 1).
c) 3 ont la partie interne de l'aile inférieure très foncée et la partie externe fauve pâle ; ailes supérieures sans modifications (individus semblables à celui figuré Pl. 4, fig. 6.
d) 9 sont très foncées, avec la bande des 4 ailes encore marquée (Pl. 4, fig. 5).

e) 2 sont très foncées aux 4 ailes, avec la bande de l'aile inférieure noyée dans la couleur du fond.

f) 1 est d'un brun foncé, légèrement transparente, la bande des ailes inférieures ayant complètement disparu (Pl. 4, fig. 7).

Observation. — Sous l'action du froid, la variation atteint les sujets dans les deux sens de coloration, *albine* et *mélanienne*. En effet, parmi les sujets modifiés, nous voyons que les uns sont très pâles (albinisants) et les autres très foncés (mélanisants), tandis que la coloration des parents est intermédiaire.

Expérience n° 4.

Les cocons, dès l'époque de la chrysalidation, sont placés dehors où ils reçoivent une température variant entre — 1° et + 7°. Ils sont laissés dans ce milieu 3 heures par jour, le reste du temps dans la chambre à 20°. La durée de l'expérience, suivant les cas, est de 20 à 40 jours consécutifs.

Ces cocons proviennent de 40 chenilles élevées dans 18° et qui se sont encoconnées en janvier 1909.

Durée de la nymphose : ♀, la plus courte : 3 mois 16 jours ;
♀, la plus longue : 10 » 5 »
♂, la plus courte : 4 » 14 »
♂, la plus longue : 5 » 19 »

Aberrations obtenues : 15 ♀ et 18 ♂ (7 cocons non éclos).

Mâles : 10 ne sont pas modifiés.

a) 3 ont la bande fauve de l'aile qui s'étend presque jusqu'à la frange.

b) 2 ont cette même bande très large.

c) 2 ont les 4 ailes décolorées, transparentes ; la zone transparente s'étend depuis la frange jusque tout près du corps qui n'est plus entouré que d'une faible quantité de poils ; les bandes sont complètement effacées aux 4 ailes ; seuls les points discoïdaux se voient encore (Pl. 4, fig. 4).

d) 1 a la bande inférieure de l'aile très large et en partie décolorée (Pl. 4, fig. 10).

Femelles : 6 ne sont pas modifiées.

a) 2 ont les 4 ailes très pâles.

b) 3 sont légèrement plus pigmentées que la mère.

c) 3 sont franchement mélanisantes et brillent par l'abondance de pigment brun foncé sur les 4 ailes (Pl. 4, fig. 5).

d) 1 ne possède plus de bande aux ailes inférieures.

e) 1 chez laquelle les ailes inférieures sont d'un brun foncé uniforme, légèrement transparentes, avec la bande à peine marquée. Les ailes supérieures sont de même couleur, transparentes également, et absolument sans bande, c'est-à-dire d'un brun uniforme (Pl. 4, fig. 2).

Observation. — L'action des basses températures, alternant avec une chaleur de 20°, se manifeste fortement. Mais, de même que dans le cas précédent, les

Papillons qui ont été modifiés le *sont dans les deux sens de coloration et de décoloration.*

En outre, les expériences 3 et 4 nous montrent que les basses températures ont encore pour effet de rendre parfois les ailes plus transparentes et d'effacer la bande des ailes inférieures.

Expérience n° 5.

Les cocons sont placés, depuis leur formation jusqu'au printemps, dans une température constante de 30°.

11 cocons seulement, dont les chenilles se sont métamorphosées dans le courant de l'hiver 1908-1909, font partie de cette expérience ; 6 ont péri ; parmi les 5 Papillons qui sont arrivés à bien, nous signalerons :

a) 1 ♂, dont la bande fauve de l'aile inférieure est très large, mais fortement saupoudrée de brun.

b) 2 ♂, dont la bande est très large, mais transparente.

c) 1 ♂, dont les 4 ailes sont transparentes aux extrémités et dont la bande fauve des inférieures a disparu (Pl. 4, fig. 11).

Les femelles ne sont pas modifiées.

Observation. — Vu le petit nombre d'exemplaires, il n'est pas possible de tirer des conclusions. Nous nous bornerons à faire remarquer que l'action d'une température prolongée, légèrement supérieure à la normale, a pour effet de décolorer les ailes.

Expérience n° 6.

Les cocons, dès l'époque de la chrysalidation, sont placés dans une étuve à 45°, où ils restent 3 heures par jour, le reste du temps dans la chambre à 20° ; la durée de l'expérience, suivant les cas, est de 19 à 46 jours.

Ces cocons proviennent de 36 chenilles élevées dans 18° et qui se sont encoconnées de décembre 1908 à janvier 1909.

Durée de la nymphose : ♀, la plus longue : 10 mois 22 jours ;
♀, la plus courte : 8 » 8 »
♂, la plus longue : 9 » 29 »
♂, la plus courte : 7 » 20 »

Aberrations. Mâles : 7 ne sont pas modifiés.

a) 4 possèdent la bande fauve des ailes supérieures très pâle.

b) 5 » » » » » inférieures très large, s'étendant presque jusqu'à la frange.

c) 1 a la bande fauve s'étendant jusqu'à la frange.

d) 2 avec ailes supérieures d'un brun chocolat, la bande effacée et l'extrémité de l'aile transparente : ailes inférieures transparentes, sans trace de bande ; les extrémités des 4 ailes sont striées de filets en éventail (Pl. 4, fig. 12).

e) 1 avec ailes presque uniformément transparentes (Pl. 4, fig. 13).

Femelles : 3 ne sont pas modifiées.

a) 1 est excessivement pâle.

b) 3 sont chargées d'atomes foncés.

c) 1 est très foncée, avec la bande de l'aile inférieure effacée, légèrement transparente.

d) 3 dont les ailes supérieures sont jaunes, saupoudrées d'*atomes blancs*, tandis que les inférieures sont chargées de pigment brun rouge.

e) 1 dont les ailes supérieures sont foncées, transparentes aux extrémités ; ailes inférieures complètement transparentes.

f) 1 dont les extrémités des ailes sont transparentes ; le centre est légèrement plus coloré que normalement.

g) 1 dont les 4 ailes sont presque totalement transparentes, mais avec coloration brun foncé.

h) 2 ont la partie externe de l'aile inférieure fauve pâle et la partie interne d'un brun rouge intense ; les ailes supérieures sont brun rouge fortement sablées de fauve pâle (Pl. 4, fig. 6).

Observation. — L'action des hautes températures, alternant avec une chaleur de 20°, se manifeste de la même façon que dans l'expérience 4 (basses températures alternant avec une chaleur de 20°). En outre, de même que dans les expériences 3 et 4, la chaleur a parfois pour effet de rendre les ailes plus ou moins transparentes.

Expérience **n° 7.**

18 chenilles adultes, élevées jusqu'à leur dernière mue dans 18°, sont placées ensuite dans une température variant entre 2 et 8° où elles restent six semaines environ. Cette température est tout à fait anormale pour des chenilles de *Lasiocampa quercus* de cette taille, qui hivernent, d'habitude, beaucoup plus jeunes.

La plupart des individus obtenus ne sont pas modifiés : les autres, ♂ et ♀, sont ou albinisants ou mélanisants. Signalons cependant un mâle qui est d'un brun chocolat intense et chez lequel la bande fauve de l'aile inférieure a complètement disparu (Pl. 4, fig. 8).

Observation. — Malgré le petit nombre de résultats, l'action des basses températures sur les chenilles adultes est manifeste et produit aussi bien des formes albinisantes que des mélanisantes.

Examen des écailles (Pl. 5, fig. 8 à 15). — L'examen des écailles et l'examen direct des ailes des aberrations issues de ces expériences modifient quelques-unes des conclusions que nous avons tirées de nos autres recherches, et, si ces résultats confirment la plupart des faits acquis, ils en infirment, malheureusement, d'autres. Nous reconnaîtrons par là que les réactions physiologiques des Lépidoptères peuvent varier suivant les espèces considérées.

Les faits confirmés sont les suivants :

Aberrations albinisantes. — Beaucoup de femelles sont nées avec des ailes d'un fauve très pâle; ce pâlissement est dû au fait :

1° Que le pigment fauve normal est moins abondant dans les écailles (il ne s'agit donc pas d'une modification du pigment); c'est par la méthode de superposition que nous le prouvons.

2° Qu'un certain nombre d'écailles sont presque incolores, les autres ayant le pigment normal en quantité appréciable.

3° Que les écailles sont plus petites et moins nombreuses que normalement.

Pour le pâlissement de la couleur des mâles, nous constatons les mêmes mécanismes.

Les poils se modifient de la même manière que les écailles; leur nombre diminue parfois, ce qui accentue le pâlissement.

La transparence des ailes, dans les deux sexes, est due à la rareté et à la réduction de la taille des écailles; celles-ci se déforment, parfois considérablement, et beaucoup sont presque incolores; plusieurs le sont complètement.

Les deux mâles *b* de l'expérience 5 ont la région externe de l'aile inférieure légèrement transparente et d'un fauve foncé un peu violacé. Cette région est composée d'écailles petites, rabougries, déformées, parmi lesquelles plusieurs contiennent le pigment brun rouge normal, et d'autres le pigment fauve; d'autres, encore, sont incolores et décomposent par conséquent les radiations lumineuses avec intensité. C'est vraisemblablement à la production du bleu émanant du phénomène optique, allié à la couleur brun rouge, qu'est dû l'aspect violacé de cette partie de l'aile.

Plusieurs mâles ont la bande fauve qui s'étend jusqu'au bord externe de l'aile; les écailles qui composent cette région sont colorées par le pigment fauve, au lieu de l'être par le pigment brun rouge normal.

Aberrations mélanisantes. Femelles. — Certaines femelles sont devenues d'un fauve vif, plus foncé que normalement, sans être cependant brunes. Cette coloration provient d'une surcharge du pigment fauve normal et non pas d'un pigment plus coloré que normalement. Pour ce qui est des femelles qui sont devenues brunes, ou d'un brun rouge presque aussi intense que celui des mâles, il existe deux mécanismes pour produire cette coloration :

1° Les écailles restent de la couleur fauve habituelle, parfois en surcharge pigmentaire; mais ce sont les poils qui deviennent brun rouge. Les ailes, dans ce cas, sont parsemées d'atomes fauves qui proviennent des écailles sous-jacentes.

2° La quantité de pigment n'augmente pas (les écailles ne sont guère plus opaques que normalement), mais il devient *brun rouge*, de même couleur que celui

des mâles. Dans ce cas les poils participent parfois de cette modification dans la nature du pigment.

Nous avons pu constater certains cas où, suivant les parties de l'aile que l'on considère, les deux mécanismes signalés sont représentés.

Mâles. Le mélanisme, chez les mâles, réside le plus souvent dans la surcharge pigmentaire des écailles et des poils.

Les mécanismes que nous venons de signaler modifient les aberrations produites par le froid aussi bien que celles produites par la chaleur, de même que si c'est la chrysalide ou la chenille qui ont été soumises à l'influence thermique. Quant aux aberrations à la fois mélanisantes et albinisantes, les mécanismes de l'albinisme se présentent pour former les parties claires, et ceux du mélanisme concourent à la formation des parties foncées.

Les faits infirmés sont les suivants :

Transparence des ailes. Nous avons vu qu'à la transparence des ailes est presque toujours associé un défaut de pigmentation. Plusieurs des aberrations obtenues des expériences avec *Lasiocampa quercus*, et, entre autres celles figurées (Pl. 4, fig. 2, 4, 11, 12 et 13), nous montrent que cette espèce peut faire parfois exception à la règle.

Disons tout d'abord que, dans chacun des cas qui vont suivre, les écailles ont toutes fortement diminué de taille; le plus souvent elles sont devenues lancéolées, grêles, conservant parfois un vestige de deux dents mal formées. Dans ce cas leur petit diamètre a seul diminué. Dans d'autres cas elles ont aussi diminué de longueur et alors elles sont tout à fait déformées, très petites, souvent tordues, la plupart du temps rabougries. Parfois les stries participent de cette déformation et ne sont plus rectilignes. La rareté des écailles est un fait général pour les parties transparentes.

Pour ce qui est de la taille et de la forme des écailles, nos conclusions sont donc confirmées, mais c'est en ce qui regarde le pigment qu'elles contiennent qu'elles cessent de l'être.

Examinons donc en détail quelques-unes de ces aberrations transparentes :

Femelles. *Expérience* **6** *e*.

Les écailles de l'extrémité distale de l'aile sont peu nombreuses, petites et déformées et contiennent un pigment *brun rouge*, mais peu abondant. Les écailles du centre et de la racine de l'aile sont plus nombreuses, comparativement, qu'à l'extrémité, et contiennent également un pigment brun rouge.

Expériences **3** *f* : **4** *e* (Pl. 4, fig. 2) ; **6** *c*.

Les écailles sont presqu'en nombre voulu, mais toutes sont plus petites que normalement et contiennent un pigment *brun rouge* parfois assez abondant.

Mâles. *Expérience* **6** *d* (Pl. 4, fig. 12).

Les écailles de l'extrémité distale, la seule qui, dans ce cas, soit transparente, accusent une

forte diminution de taille, quoiqu'elles conservent encore des formes régulières; elles contiennent toutes le pigment *brun rouge* normal, mais, dans un grand nombre d'écailles, celui-ci est si abondant qu'elles en sont rendues opaques et paraissent noires. Le centre et la racine de l'aile ne présentent rien d'anormal.

Expérience **6** *e* (Pl. 4, fig. 13).

Les écailles de l'extrémité distale et du centre de l'aile sont petites, déformées, et très rares; elles contiennent toutes, en forte surcharge, le pigment *brun rouge* normal.

La transparence de l'aile, dans les exemples précédents, doit donc être considérée comme un cas de *mélanisme*, puisque les écailles, quoique plus petites et moins abondantes, sont plus foncées que normalement. La surcharge pigmentaire, dans les deux sexes, et la transformation du pigment fauve en pigment brun rouge, chez les femelles, sont la cause de ces cas de mélanisme.

Femelles. *Expérience* **6** *f*.

Les écailles des parties transparentes sont petites, déformées, rabougries, la plupart avec stries déformées également: on ne peut donc pas discerner à quel type appartiennent ces écailles, qui, le plus souvent, se terminent en une seule pointe, parfois en deux pointes inégalement formées. La plupart sont irrégulièrement colorées, le pigment y étant amassé en paquets, constituant pour chaque écaille des parties opaques et des parties transparentes. D'autres sont sans matière colorante et paraissent blanches; enfin, un certain nombre sont fortement colorées en brun rouge et beaucoup de ces dernières sont opaques à tel point qu'elles paraissent noires.

Expérience **6** *g*.

Toutes les écailles sont déformées comme dans le cas précédent. Parmi les écailles de la région terminale de l'aile (la plus transparente) nous en trouvons qui ont le pigment *fauve* normal en très petite quantité, d'autres qui sont vides et par conséquent blanches, et d'autres, enfin, qui contiennent, parfois en forte surcharge, le pigment modifié *brun rouge*. Au centre et à la racine de l'aile, nous ne trouvons que des écailles à pigment *brun rouge*.

Mâles. *Expérience* **6** *e*, 2 individus (Pl. 4, fig. 4).

Les écailles sont petites, déformées et moins nombreuses que normalement. Pour former la région externe de l'aile on trouve des écailles sans pigment ou presque: le pigment de ces dernières est *fauve*: les autres écailles sont *brun rouge*. A la racine de l'aile, il n'y a que des écailles *brun rouge*, dont les unes sont suffisamment opaques pour paraître noires. Au centre, les deux types se combinent.

Expériences **6** *d* et **5** *c* (Pl. 4, fig. 11).

Toutes les écailles sont petites, déformées et moins nombreuses que normalement. Pour former la région externe de l'aile, nous constatons une combinaison d'écailles opaques *brun rouge* et d'écailles incolores. Au centre et au milieu de l'aile, même mécanisme que dans le cas précédent. La bande fauve, qui existe encore aux ailes supérieures, contient des écailles qui sont colorées par le pigment fauve normal.

La transparence de l'aile, dans les cas qui viennent d'être étudiés, doit donc être considérée comme caractérisant des *aberrations à la fois mélanisantes et albini-*

santes, puisque nous trouvons, comme éléments colorés des ailes, des écailles plus foncées et d'autres qui sont plus claires que normalement. Pour constituer les différentes régions, nous voyons que les mécanismes résident dans la surcharge pigmentaire (mâles et femelles), la transformation du pigment fauve des femelles en brun rouge et la dose insuffisante ou l'absence du pigment normal. La transformation en brun rouge du pigment fauve de la bande est ce qui produit la disparition de celle-ci.

Comme se rattachant aux faits infirmés, nous devons encore signaler le mâle (Pl. 4, fig. 8) qui provient de l'expérience 7. Celui-ci est d'un brun chocolat, très foncé, uniforme aux ailes inférieures, avec bande réduite aux supérieures. C'est un cas de mélanisme bien accentué. Or, ses écailles, colorées du pigment brun rouge normal, mais en telle surcharge qu'elles en sont rendues opaques et paraissent noires, sont *déformées*, lancéolées pour la plupart, et *plus petites que normalement*. Nous avons là un exemple d'aberration mélanisante chez laquelle on constate, contrairement à ce que nous avons vu jusqu'à maintenant, *la réduction de la taille des écailles*. Mais, malgré leur réduction de taille, les écailles chevauchent bien les unes sur les autres ; il faut donc en conclure qu'elles sont devenues plus nombreuses que normalement.

Parmi les *mécanismes nouveaux* qui sont mis en évidence par ces recherches, nous signalerons celui qui a modifié les femelles de l'expérience 3 *c*, et de l'expérience 6 *h*, (Pl. 4, fig. 6) ; ce sont des *aberrations à la fois mélanisantes et albinisantes*. Les ailes supérieures de ces femelles sont brun rouge, sablées de fauve pâle ; à l'examen microscopique, nous voyons qu'elles comportent des écailles à pigment brun rouge, et que ce sont les poils qui sont, pour la plupart, fauve pâle, ou qui n'ont presque pas de coloration.

La plupart des expériences faites avec *Lasiocampa quercus* confirment que le mélanisme est un signe de force et de vigueur (surcharge pigmentaire, pilosité excessive et grosseur générale de l'abdomen qui contient, chez les femelles, une grande abondance d'œufs ; en outre, l'atrophie des ailes est très rare chez les mélanisants). L'albinisme dénote au contraire l'affaiblissement des sujets qui en sont atteints (fréquente réduction de la taille des individus, de la taille et du nombre de leurs écailles, petitesse de leur abdomen ; insuffisance pigmentaire, rareté fréquente de la pilosité et atrophie des ailes maintes fois constatée). Cependant, dans quelques cas, les individus possèdent une forte constitution, bien qu'ayant des écailles de taille réduite, avec surcharge pigmentaire ; ils constituent donc une exception à la règle et montrent que, en ce qui concerne les Lépidoptères, on ne saurait trop s'abstenir de vouloir généraliser.

Ces cas exceptionnels se sont produits aussi bien chez les individus modifiés par la chaleur que chez ceux qui se sont modifiés par les basses températures.

Conclusions.

Les nombreuses expériences que nous avons signalées au commencement de ce travail et les recherches auxquelles nous nous sommes livrés, montrent que les Lépidoptères, à part un petit nombre d'exceptions, ne varient que selon deux modes: le *mélanisme et l'albinisme des parties,* et que ces deux sortes de variation sont générales, aussi bien pour les individus pris à l'état naturel que pour ceux qui ont été modifiés par les influences expérimentales, quelles que soient ces dernières.

Ce n'est, en effet, que très rarement par la formation d'une nouvelle couleur qu'un Papillon varie et nous avons signalé les quelques cas les mieux connus où il en est ainsi ; à part ceux-ci, on n'en connaît pas beaucoup d'autres, du moins pour les espèces paléarctiques.

Cette loi de la variation par mélanisme et albinisme des parties, émise par C. Oberthur (1893, 117) et dont nos recherches montrent la réalité absolue, se résume ainsi :

Chaque partie des ailes des Papillons peut devenir, séparément, plus foncée ou plus claire qu'elle n'est normalement ; dans le premier cas, quelle que soit la couleur (à part le vert), celle-ci peut s'assombrir suffisamment pour devenir brune, et même d'un brun foncé paraissant noir ; de cette façon, l'assombrissement de toutes les parties conduit au mélanisme. Dans le cas inverse, ces mêmes parties, quelle que soit leur couleur (à part le vert), s'éclaircissent suffisamment pour devenir fauves, jaunes, et même d'un jaune si pâle qu'il paraît blanc ; de cette façon, l'éclaircissement de toutes les parties conduit à l'albinisme.

Mais les cas de mélanisme et d'albinisme complets sont excessivement rares chez les Lépidoptères. Les différentes parties des ailes ne se modifiant pas toutes à un même degré, il s'ensuit, le plus souvent, que certains dessins seulement s'assombrissent ou s'éclaircissent, tandis que d'autres conservent leur nuance normale. C'est grâce à cette localisation de la variation à certaines parties de l'aile qui sont plus aptes à se modifier, que naissent des formes que nous avons nommées *mélanisantes* ou *albinisantes,* pour bien montrer que l'assombrissement ou l'éclaircissement n'ont pas atteint la totalité de l'aile, mais qu'ils indiquent un acheminement vers le mélanisme ou l'albinisme complets.

En outre de l'assombrissement et de l'éclaircissement des parties, certains dessins foncés peuvent s'agrandir, s'étendre, se déplacer, se fondre avec leurs voisins ou les masquer plus ou moins complètement (formes mélanisantes). Inversement,

ils peuvent aussi s'amoindrir, s'effacer en partie, et même disparaître, laissant plus de place aux dessins clairs ou à la couleur du fond (formes albinisantes). Dans d'autres cas, certains dessins s'assombrissent et d'autres s'éclaircissent (formes à la fois mélanisantes et albinisantes). Enfin, la teinte générale de l'aile peut simplement s'obscurcir ou s'éclaircir, sans qu'il se produise de modifications dans les dessins.

Les faits signalés dans la première partie de ce travail montrent encore que le mélanisme et l'albinisme, chez les Lépidoptères, n'ont pas de patrie déterminée ; les formes mélaniennes et albines, appartenant souvent aux mêmes espèces, volent dans les mêmes localités de la plaine ou de la montagne, dans les mêmes pays septentrionaux ou méridionaux, et souvent avec des individus de coloration normale. Il n'est donc pas possible d'établir une règle positive à cet égard et l'on doit reconnaître que le climat, si c'est lui qui modifie les Lépidoptères, les modifie *aussi bien dans le sens de l'albinisme que dans celui du mélanisme.*

D'autre part, les nombreuses expériences des auteurs, de même que celles que nous avons pratiquées, démontrent que les agents modificateurs se comportent de la même façon que le climat et modifient les individus dans les deux sens opposés de coloration.

Les auteurs ont montré encore que les chrysalides, sous le rapport de la variation de leurs Papillons, *réagissent de la même façon contre deux excitants différents.* C'est principalement contre la chaleur et le froid que cette similitude de réaction se produit. Nous avons vu, en effet, que pour les mêmes espèces, les températures élevées et les températures basses produisent des variations respectivement semblables. Et ce qui se présente sous l'influence des deux extrêmes de température, se présente encore pour tous les autres facteurs du milieu agissant séparément ; la nourriture des chenilles produit les deux sortes de variations, albine et mélanienne, aussi bien que l'humidité, que la sécheresse, que la lumière. Il en est de même d'agents spéciaux, tels que l'électricité, la trépidation, un mouvement de rotation imprimé aux chrysalides, etc. (Pour ces trois dernières sortes d'expériences, disons que les sujets expérimentés étaient peu nombreux). Et, poussant plus loin nos recherches, nous voyons encore que cette similitude de réaction qu'observent les Lépidoptères dans leur variation devient générale, puisque des aberrations de mêmes espèces s'obtiennent parfois absolument identiques sous l'influence de chacun des facteurs que nous venons de signaler.

Nous basant sur ces constatations, ainsi que sur d'autres faits observés, nous en avons conclu que ce qui modifie le Papillon, *ce n'est pas le facteur anormal à l'influence duquel on le soumet, mais bien le fait de passer du milieu normal de l'espèce dans un milieu nouveau qui ne lui convient pas.*

Dans ce domaine, nos expériences ont montré que cette similitude de réaction

des chrysalides vis-à-vis de la température va plus loin encore que les auteurs l'ont observé jusqu'à maintenant. En effet, sous l'influence d'une température élevée agissant sur les chrysalides, nous avons obtenu, *pour les mêmes espèces*, et malgré la durée variable de l'incubation :

1° des formes mélanisantes :
2° » albinisantes :
3° » à la fois mélanisantes et albinisantes.

Et sous l'influence des basses températures, également :

4° des formes mélanisantes :
5° » albinisantes :
6° » à la fois mélanisantes et albinisantes :

avec cette particularité, qui n'a rien d'étonnant du reste, que 1, 2 et 3 sont, la plupart du temps, respectivement identiques, à 4, 5 et 6. Nous montrons encore que, sous le domaine de la variation de leurs Papillons, les chrysalides *peuvent réagir de deux façons différentes, c'est-à-dire dans le sens albin ou mélanien, contre un seul et même facteur*. Ajoutons que ces diverses modifications se créent également selon la loi du mélanisme et de l'albinisme des parties[1].

La variation mélanienne est plus répandue que la variation albine ; tant à l'état naturel que dans les expériences, les Lépidoptères ont surtout une tendance à se modifier dans le sens du mélanisme. Cependant, les mécanismes de l'albinisme sont plus nombreux que ceux du mélanisme.

Les mécanismes de la variation.

Quels sont maintenant les mécanismes qui interviennent pour modifier la coloration des Lépidoptères dans les deux sens indiqués ? Une des conclusions de ce travail est de montrer que ces mécanismes sont multiples, souvent très complexes, et qu'ils varient beaucoup suivant les groupes que l'on considère ; ils ont surtout leur siège dans les écailles.

On admet, avons-nous vu, que les couleurs des Papillons sont de deux sortes : pigmentaires et optiques ; ces dernières doivent leur coloration à des phénomènes de

[1] Nous ferons remarquer, à ce propos, que dans nos expériences d'alimentation (1905, 126), des cas absolument semblables ont été observés. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, les chenilles de *Lasiocampa quercus* nourries de Lierre ont donné des Papillons mélanisants ou des Papillons albinisants, suivant que l'adaptation de la larve à cette plante avait été facile ou non.

diffraction de la lumière ou à des phénomènes comparables à ceux que l'on connaît, en physique, sous le nom de réseaux ; c'est la structure striée des écailles qui décompose les radiations lumineuses, ainsi que l'ont démontré celles de nos expériences relatées p. 159 ; le plus souvent, un écran sous-jacent formé d'écailles foncées met en valeur l'action des rayons lumineux. Les autres couleurs sont dues à la présence d'un pigment coloré.

Nos recherches sur la coloration des Papillons ont démontré que toutes les écailles de ceux dont la coloration est due à un pigment sont *striées* et absolument identiques, quant à leur structure et quant à leur forme, à celles qui produisent les couleurs optiques. En outre, une fois détachées de l'aile et examinées au microscope, à la lumière directe, les écailles pigmentaires, pour peu qu'elles ne soient pas surchargées de pigment à tel point d'en être rendues opaques, *décomposent les radiations lumineuses* de la même façon que les optiques. Si les écailles les plus abondamment pourvues de matière colorante ne donnent pas lieu au phénomène optique, c'est grâce à l'opacité qu'elles ont acquise, et l'on peut se représenter la chose, en imaginant un prisme ou un miroir machuré de couleurs ; le premier ne décomposerait plus les radiations de la lumière et le second ne les réfléchirait pas davantage.

Nous voyons donc qu'il existe une relation entre la quantité de pigment contenu dans les écailles et le pouvoir qu'elles ont de décomposer les vibrations lumineuses, et que *ce pouvoir croît en raison inverse de la quantité de pigment.* Nous renverrons au travail lui-même pour la preuve que nous avons donnée de cette relation et le moyen de décoloration des ailes que nous avons employé pour établir cette preuve.

Toutes les écailles ne contiennent pas la même quantité de pigment ; celle-ci varie aussi suivant la teinte des dessins et *aux plus clairs correspondent les écailles les moins pigmentées.*

Ce cas est presque général ; la relation qui existe entre la teinte de l'écaille et son degré d'opacité est presque partout manifeste ; c'est ainsi que le pigment blanc des Piérides colore à peine leurs écailles et qu'un pigment fauve, par exemple, s'il est très peu abondant, donne aux écailles l'illusion qu'elles sont blanches. Il faut que cette matière colorante fauve soit injectée en une certaine quantité pour que sa couleur soit apparente, et plus elle est abondante plus sa couleur est foncée, *lors même que le pigment n'a pas changé de nature.* Nous avons vu que la surcharge d'un pigment fauve peut donner aux écailles une couleur brune, parfois assez foncée, et que la surcharge à outrance de ce même pigment peut leur donner une coloration d'un brun si foncé qu'il paraît noir. Nous n'avons trouvé qu'un petit nombre de cas où des écailles de couleur claire soient quand même opaques, et

nous signalerons, parmi ces exceptions, les écailles jaunes des *Rhodocera*, des *Colias*, etc.

Or, les écailles faiblement colorées, ainsi que nous l'avons vu, décomposent avec facilité les radiations lumineuses. Mais, si l'on superpose deux de ces écailles, l'image ainsi produite est plus foncée que celle produite par une seule écaille prise isolément et celle de dessus cesse de donner lieu au phénomène optique. Cela nous montre que la couleur de l'aile est surtout dépendante *de la quantité de pigment* et non pas toujours de sa *qualité*. D'où un premier mécanisme du mélanisme : *un pigment de même couleur donnera à l'aile une coloration d'autant plus foncée qu'il sera plus abondant* et un premier mécanisme de l'albinisme : *un pigment de même couleur donnera à l'aile une coloration d'autant plus claire qu'il sera moins abondant.*

L'augmentation ou la diminution de la dose d'un même pigment peut parfaitement, suivant sa quantité, changer la couleur des écailles. C'est ce qui a lieu, entre autres, chez les *Melitæa* étudiées, où un seul pigment (fauve) existe pour colorer tous les dessins de ces Papillons ; ces dessins sont blancs laiteux, jaunâtres, fauve, brun fauve, brun foncé, et, suivant que les écailles en contiennent une infime quantité (taches d'un blanc laiteux) ou qu'elles en sont surcolorées de façon à être rendues opaques (taches d'un brun foncé ayant l'aspect du noir), on obtient tous les tons des autres taches, d'après la teneur en matière colorante des écailles qui les forment. Et, ce que nous avons montré pour les espèces du genre *Melitæa*, nous l'avons retrouvé encore pour d'autres (*Selenia tetralunaria*, *Lasiocampa quercus*, etc.) de même que pour beaucoup d'aberrations naturelles ou obtenues d'expériences.

Un second mécanisme *réside dans la proportion numérique qui existe entre les écailles de deux couleurs différentes qui forment un ou plusieurs dessins.* Ainsi, *Pieris rapæ* (blanche) devient, par mélanisme, grisâtre, surtout dans la région proximale des ailes. Dans les exemplaires normaux, le blanc des ailes est toujours accompagné de quelques écailles noires, mais en petit nombre ; dans les aberrations le nombre des écailles noires augmente. Dans ce cas, la variation n'est que l'accentuation de l'état de choses général. Du reste, chez les Piérides, nous avons montré que pour former les taches grises, il n'existe pas de pigment gris, mais bien une combinaison d'écailles noires et de blanches. Dans d'autres espèces, une combinaison d'écailles rouges et de jaunes donne la couleur orange, d'écailles rouges et de blanches, la couleur rose, etc. ; un mécanisme analogue existe pour toutes les espèces qui comportent au moins deux couleurs.

Le phénomène de décomposition des radiations lumineuses, que chaque écaille peu pigmentée est susceptible de produire dès qu'elle est détachée de l'aile, ne se présente pas avec autant de vigueur sur les ailes entières ; cela provient, en premier lieu, de ce que les écaillles sont superposées, comme les tuiles sur un toit et,

en second lieu, de ce que chaque face de l'aile contient une couche d'écailles ainsi disposées. Ces deux dispositions sont suffisantes pour donner à l'aile une opacité assez grande pour entraver, le plus souvent, la production du phénomène optique. Cependant les ailes de tous les Papillons à pigment peu abondant présentent certains reflets métalliques qui sont une conséquence de ce phénomène.

Le pouvoir qu'ont les écailles peu pigmentées de décomposer les radiations lumineuses peut constituer, malgré l'organisation de l'aile, un autre mécanisme de l'albinisme.

En effet, lorsqu'un certain nombre d'écailles d'une partie foncée ont moins de pigment que normalement, la partie où cela se présente se trouve, ainsi, parsemée d'autant d'atomes brillants, qui contribuent à éclaircir la teinte de cette partie. Ce cas a été rencontré parmi les individus albinisants de plusieurs de nos expériences et observé, dans d'autres cas d'albinisme naturel, parmi les espèces du genre *Argynnis*.

L'albinisme partiel est souvent produit par un phénomène auquel nous avons fait allusion au cours de ce travail et qui est intervenu dans la production de quelques-unes des aberrations obtenues. Il s'agit *d'une sorte de sélection opérée par les écailles parmi celles des vibrations lumineuses qui sont décomposées.*

Enfin, un mécanisme de l'albinisme trouve encore son origine dans un phénomène optique.

Les écailles, avons-nous vu, ne contiennent pas toutes la même quantité de pigment, et il s'en trouve même qui sont presque vides; chez les Papillons devenus albinisants sous l'influence de la température, le nombre des écailles de ce genre est souvent assez grand. Or, parmi celles-ci, nous en avons parfois trouvé une bonne quantité, qui, au lieu d'être planes, comme c'est le cas général, ont acquis une surface bombée, convexe ; loin de décomposer les radiations lumineuses, elles réfléchissent la *lumière blanche*. D'où cela peut-il provenir? On conçoit que, sur une surface bombée, les stries soient disposées, par rapport à la direction de la lumière, selon un autre angle que les stries disposées sur une surface plane; c'est sans doute à cette disposition particulière qu'est due la production de la couleur blanche; en effet, au lieu de décomposer les radiations lumineuses, ces *écailles les réfléchissent toutes,* et reproduisent, avec une faible irisation, la lumière blanche, c'est-à-dire l'ensemble des radiations lumineuses. Du reste, l'examen microscopique des ailes entières confirme la chose; les écailles bombées de cette façon se montrent blanches, malgré le pigment dont elles sont colorées; *l'aile étant parsemée d'une certaine quantité d'éléments blancs, ce sont eux qui contribuent à l'éclaircir.*

Chez *Selenia tetralunaria*, ce phénomène se présente à l'état normal.

Nous voyons ainsi que certains phénomènes d'optique jouent parfois un grand rôle dans la production de l'albinisme; en outre, ils contribuent souvent à modifier la couleur réelle des Papillons et à la faire apparaître à nos yeux différemment de ce qu'elle est réellement.

En dehors des mécanismes optiques et de celui qui provient de l'abondance plus ou moins grande d'un pigment donné, nos recherches mettent en évidence une quantité d'autres modes. Nous allons les passer en revue.

Production du mélanisme.

1° *Le pigment, de même couleur que normalement, est amassé en plus grande quantité dans les écailles.*

C'est ce que démontre l'examen des écailles d'individus mélanisants comparativement avec les écailles des mêmes parties, prises chez les individus normaux. Chez les premiers, les écailles sont beaucoup plus opaques que chez les seconds; elles montrent en conséquence qu'elles ont reçu une plus grande quantité de matière colorante. Pour prouver que le pigment n'a pas modifié sa qualité, il suffit de superposer deux écailles prises chez les individus normaux; on obtient, de cette façon, une image plus foncée, qui est de la teinte des individus mélanisants. La *surcharge pigmentaire*, telle que nous l'avons observée chez presque toutes les espèces étudiées, c'est-à-dire le fait qu'une écaille est plus richement colorée que d'habitude *par le pigment normal*, est un des mécanismes du mélanisme les plus répandus. C'est lui qui peut changer le jaune en fauve et en brun, le rouge en brun et le brun en noir.

2° *Le pigment n'est pas amassé en plus grande quantité, mais se modifie par une oxydation plus forte, qui le rend plus foncé.* C'est le mécanisme mis en évidence par certains auteurs. En ce qui concerne nos recherches, par exemple dans les aberrations mélanisantes de *Pieris napi*, le pigment blanc normal devient jaune; les écailles, devenues jaunes et mélangées avec un petit nombre d'écailles noires normales, produisent la teinte brune caractéristique de certaines de ces aberrations. De même pour celles à teinte jaunâtre d'*Aporia crataegi;* de même encore pour plusieurs aberrations expérimentales, telles que les *Pieris rapæ* devenues jaunes; ici, le pigment blanc s'est modifié en jaune. Dans le cas des formes mélanisantes de *Parnassius mnemosyne*, le pigment blanc peut devenir noir. Nous signalerons encore l'exemple des femelles de *Lasiocampa quercus*, dont la matière colorante fauve se modifie pour devenir brune, ou brun foncé, ou aussi brun rouge, etc.

3° *Lorsque deux couleurs sont représentées, une claire et l'autre foncée, le nombre des écailles foncées augmente.* Ce mécanisme montre que, dans la variation mélanienne, le pigment foncé pénètre dans des écailles qui, normalement, auraient dû recevoir le pigment clair. C'est de cette façon, par exemple, que se produit la teinte grise à la racine des ailes des Piérides, par augmentation du nombre des écailles noires au milieu des blanches. Les exemples de ce genre sont nombreux.

4° *Les écailles, sans posséder un pigment plus foncé que normalement, deviennent plus nombreuses,* et, comme elles sont placées sur une aile qui n'a pas augmenté de surface, elles chevauchent davantage les unes sur les autres, en produisant ainsi un renforcement de la teinte. Nous avons vu, en effet, que deux écailles superposées donnent une image plus foncée que lorsqu'elles sont isolées; le plus grand chevauchement produit le même effet. Ce cas est difficile à apprécier, par le fait qu'il n'est pas commode d'évaluer le nombre des écailles qui recouvrent une aile de Papillon. Cependant, en comparant plusieurs individus foncés, avec d'autres de même espèce et plus clairs, on peut se rendre compte que le chevauchement des écailles est souvent moins fort sur les ailes de ces derniers *(Erebia)*. Chez certains spécimens où les nervures sont accompagnées d'une zone plus foncée, cette dernière contient souvent des écailles en plus grande quantité que d'habitude.

5° *Les écailles augmentent de taille,* sans posséder un pigment plus abondant ou qui soit d'une autre teinte que le pigment normal. Le chevauchement, de même qu'au n° 4, est plus fort et le résultat en est encore le renforcement de la teinte. Ce mécanisme est peu répandu ; nous l'avons constaté, cependant, chez *Pieris brassicæ, P. rapæ, Aporia crataegi, Melitæa aurinia, M. Cinxia, Lasiocampa quercus, Ocneria dispar*, etc. En outre, il peut se faire que les écailles, en devenant plus grandes, changent de forme, comme cela a été le cas chez certaines aberrations expérimentales de femelles de *Bombyx neustria*.

6° *Les poils, devenant plus nombreux, assombrissent l'aile,* à la condition que leur couleur soit normalement foncée. De même que pour les écailles, ils peuvent recevoir une dose plus grande du pigment normal ; leur matière colorante peut aussi se modifier et devenir plus foncée.

Nous ne saurions trop rappeler que la *surcharge pigmentaire* peut modifier la couleur d'une aile, sans, pour cela, que le pigment se soit modifié lui-même. Si, d'une part, une écaille colorée d'un pigment jaune devient, par surcharge pigmentaire, jaune foncé, d'autre part, une écaille fauve, par le même procédé et sans modification du pigment, deviendra brune. Les exemples de *Melitæa*, et d'autres que nous avons signalés, sont sous ce rapport concluants.

7° Lorqu'une des faces de l'aile est pâle, par le fait de la petite quantité de pigment de ses écailles, elle peut paraître plus foncée qu'elle n'est en réalité, si

l'autre face, par un des mécanismes indiqués, s'assombrit elle-même. Prenez une feuille de papier blanc, légèrement transparente, elle se montrera d'une teinte plus foncée, voire même d'une autre couleur, si vous placez immédiatement au-dessous quelque objet plus foncé, ou quoi que ce soit de coloré. Ce cas est assez répandu pour assombrir certains dessins. (*Pieris napi*, *Aporia crataegi*, etc.).

Production de l'albinisme.

1° *Le pigment, de même couleur que normalement, est amassé en moins grande quantité dans les écailles.*

Ce mécanisme est le plus fréquent parmi ceux qu'ont mis en évidence nos expériences et nos recherches. C'est aussi celui dont il est le plus facile de se rendre compte par l'examen microscopique et par les méthodes habituelles de superposition de deux ou plusieurs écailles, de même que par la décoloration des ailes au moyen de la potasse caustique. Chez les Papillons modifiés de cette manière, le phénomène de décomposition des radiations lumineuses joue, parfois, un certain rôle dans l'éclaircissement de leurs couleurs. En second lieu, la diminution de la dose de pigment normal peut atteindre un tel degré que les écailles deviennent transparentes; elles paraissent alors comme *blanches*, avec des reflets métalliques. Or, lorsque l'aile est parsemée d'un certain nombre de ces écailles elle est nécessairement plus claire que normalement par le fait de l'introduction de ces éléments blancs dans les dessins. Comme exemple, nous signalerons, entre autres, les *Vanessa urticæ* chez lesquels les taches noires sont devenues grisâtres; cette teinte grise est due, parfois, à la combinaison d'écailles noires et d'écailles incolores, alors que chez les individus normaux il n'entre que des noires dans la constitution de ces taches. C'est ce mécanisme qui contribue à rendre roses les ailes rouges, jaunes les ailes fauves, etc. C'est lui, encore, qui produit l'éclaircissement de tout ou partie de l'aile, de certains dessins ou seulement de la couleur du fond, etc. La pâleur acquise de cette façon est souvent telle, que les ailes paraissent presque blanches. On trouvera de nombreux exemples semblables dans ce mémoire.

La rareté pigmentaire des écailles, sans réduction de leur taille, a été souvent constatée; lorsque cette rareté devient générale à un groupe de plusieurs écailles, la partie de l'aile qui le supporte devient transparente, pourvu que la même modification se produise immédiatement au-dessous, à la face inférieure; elle devient plus claire, si la même modification ne se présente pas au-dessous. Les écailles peuvent être absolument incolores; un groupe de ces écailles constitue un dessin qui

paraît *blanc*, pourvu que la partie de l'aile située immédiatement au-dessous ne soit pas trop foncée.

2° *Le pigment n'est pas amassé en une moins grande quantité, mais il est d'une coloration moins foncée que normalement.* (Mêmes exemples que pour le mélanisme.) Ce cas est difficile à constater.

3° *Lorsque deux couleurs sont en combinaison pour former un dessin, l'une claire et l'autre foncée, les écailles claires augmentent en nombre.* Ce mécanisme est facile à comprendre ; c'est celui qui produit, entre autres, le blanchiment de la tache apicale et de la racine de l'aile des femelles de *Pieris rapæ*, de *Leucophasia sinapis*, etc. La disparition des taches est due au fait que les écailles blanches sont presque les seules qui existent. Le rapport numérique entre les unes et les autres détermine la teinte de la tache. C'est aussi un mécanisme très répandu dans la production des formes albinisantes.

4° *Diminution du nombre des écailles ;* le chevauchement moindre qui en résulte produit l'éclaircissement de l'aile, ou des régions seulement où les écailles sont moins nombreuses.

5° *Diminution de la taille des écailles ;* chevauchement moindre d'où résulte encore l'éclaircissement.

Ces deux derniers mécanismes, mais tout spécialement le cinquième, sont excessivement répandus parmi les Lépidoptères albinisants, et surtout parmi ceux qui proviennent d'expériences. Les écailles peuvent diminuer de taille à tel point qu'au lieu de chevaucher les unes sur les autres c'est à peine si elles se touchent : elles laissent donc entre elles des espaces vides, qui ne contiennent aucune coloration et qui, en outre, laissent filtrer la lumière à travers la membrane alaire. Ces deux raisons expliquent suffisamment le mécanisme de l'albinisme qui provient de la diminution du nombre ou de la taille des écailles.

Lorsque le nombre des écailles diminue dans de larges proportions, aux deux faces de l'aile, et elles peuvent, dans ce cas, devenir également plus petites, l'aile devient *transparente*. Cette transparence peut se présenter dans certaines régions de l'aile, comme elle peut aussi s'étendre à l'aile entière. La transparence d'une des faces seulement lui donnera la coloration de l'autre face et sera un cas d'albinisme si cette autre face est pâle. A la diminution de la taille et du nombre des écailles peut s'associer aussi l'insuffisance de la dose de pigment ; chez certains individus transparents, tel que l'exemplaire de *Vanessa urticæ* figuré Pl. 3, fig. 9, et d'autres, les écailles sont petites, rares et sans pigment.

Une question se pose à ce propos : les ailes transparentes doivent-elles être considérées comme albinisantes ? Evidemment, puisqu'elles possèdent, en moins grande quantité, les éléments colorés, et que les écailles incolores apparaissent

comme blanches. Cependant les quelques cas exceptionnels signalés chez les *Lasiocampa quercus* et les *Vanessa urticæ*, dont les ailes brunes et fauves sont devenues, sous l'influence de la température, *transparentes avec des écailles noires*, montre que cette transparence ne devrait être considérée comme un cas de commencement d'albinisme, *qu'en tant que les écailles n'acquièrent pas une coloration plus foncée que normalement.* D'autres *Lasiocampa quercus* et d'autres *Vanessa urticæ*, on s'en souviendra, se rattachent à la règle générale et sont nés de nos expériences avec des ailes *transparentes, avec écailles peu ou pas pigmentées.*

6° *La taille et le nombre des écailles ne diminuent pas, mais celles-ci se rabougrissent, se replient en élevant leurs deux bords latéraux.* De cette façon se produisent entre les écailles des espaces sans coloration qui jouent le même rôle qu'aux n^os^ 4 et 5. La déformation des écailles, le plus souvent alliée à la réduction de leur taille, ne se fait pas selon des règles positives; en consultant les figures de la Pl. 5, on pourra se rendre compte de la chose. Les dents disparaissent très souvent et cette disparition peut être la seule modification appréciable; parfois les écailles, en diminuant de taille, affectent une forme régulière, lancéolée ou arrondie et d'autres fois elles deviennent absolument informes, ratatinées, rabougries, à contours irréguliers.

7° *Parmi les écailles modifiées, il s'en trouve un certain nombre qui sont vides, et ne donnent, à l'aile, aucune coloration.* De cette façon l'aile se trouve parsemée d'éléments blancs ou incolores, ce qui contribue à l'éclaircir considérablement lorsque le nombre des écailles vides est conséquent. Ce cas est également très fréquent; nous l'avons signalé chez bon nombre d'individus albinisants.

8° *Les poils deviennent moins nombreux; cela éclaircit la teinte de l'aile s'il s'agit de poils foncés.* Ils sont, parfois, colorés par un pigment plus clair que le normal ou possèdent moins de matière colorante.

Nous devons revenir sur la question de la transparence des ailes, en ce qui concerne maintenant certaines espèces où cette transparence est normale (*Aporia crataegi* ♀ et les diverses espèces du Genre *Parnassius*). Nous avons constaté que les écailles qui se trouvent dans les parties normalement transparentes, non seulement sont en petit nombre, *mais qu'elles sont toujours d'une taille inférieure aux écailles des parties opaques.* Il est intéressant de voir qu'un état de choses normal (réduction de la taille des écailles) se retrouve chez les espèces opaques, dès que celles-ci deviennent transparentes sous l'influence de la température.

Combinaison d'écailles optiques et d'écailles pigmentaires.

Nos recherches ont montré que, parfois, certains dessins ont une couleur différente de celle de leurs pigments. Ainsi, les taches vertes du dessous d'*Antocharis cardamines* et de beaucoup d'autres Piérides ne contiennent pas d'écailles vertes; cette couleur est due à une combinaison d'écailles *jaunes* et de noires à reflets *bleus* provenant de la décomposition des radiations lumineuses.

Les belles couleurs des ocelles de *Vanessa io* sont dues, de même, à une combinaison d'écailles optiques et de pigmentaires. Pour constituer les parties bleues de ces ocelles, ce sont des écailles à pigment blanc, mais assez peu pigmentées pour donner lieu au phénomène optique, qui sont disposées au-dessus d'écailles noires. Ces dernières forment un écran qui met en valeur les effets de la lumière. Pour former les parties *violettes* de ces ocelles, les écailles blanches à reflets *bleus* sont en combinaison avec des *rouges*. Enfin, de quelques-unes de nos expériences, nous avons obtenu des exemplaires de *Vanessa io* avec des ocelles *verts*. Cela provient du fait qu'une quantité d'écailles *jaunes* entrent en combinaison avec les blanches à reflets *bleus*.

Des combinaisons de ce genre sont fréquentes ; on conçoit la variété des cas qui peuvent se présenter.

Quelques auteurs se sont occupés de l'albinisme et du mélanisme chez les Lépidoptères. H. Federley (1908, 36), après avoir étudié la première de ces deux modifications chez quelques aberrations trouvées à l'état naturel, arrive sensiblement aux mêmes conclusions que nous, en ce qui concerne la réduction du nombre et de la taille des écailles. Pour lui, de même que pour nous, la production de l'albinisme proviendrait encore d'une quantité insuffisante de pigment.

Pour M. Standfuss (1896, 164), la quantité insuffisante de matière colorante ne doit être considérée que dans quelques cas spéciaux, où elle fait alors totalement défaut, tandis que c'est bien plutôt dans la *qualité* du pigment, lequel n'atteint pas le degré de coloration voulu, que l'on doit rechercher l'origine de l'albinisme.

En réalité, les deux mécanismes sont justes, ainsi que nous l'avons démontré. Dans quelques cas, la production de formes plus claires que normalement est due au fait que c'est la matière colorante elle-même qui, tout en se trouvant en quantité suffisante dans les écailles, *n'a pas atteint le degré de coloration voulu*. Cependant ce mécanisme ne semble pas être très fréquent, tandis que les cas, où l'albinisme est

dû à l'*insuffisante quantité du pigment de couleur normale*, sont beaucoup plus répandus.

J. W. Tutt (1899, 170 *a*), qui est connu comme adepte fervent de la théorie de la sélection naturelle, donne de l'albinisme une explication toute darwinienne. De même qu'il pense, avec raison, que le mélanisme des Lépidoptères, si répandu en Angleterre, est une conséquence de l'essor de l'industrie qui, dans le voisinage des grands centres, recouvre tous les objets d'une suie noire, en sorte que l'obscurcissement du substratum concoure à l'élimination des formes qui ne sont pas foncées, il explique aussi l'albinisme par la théorie de la sélection naturelle, dans les pays calcaires par exemple, où la couleur blanche ou grise donne aux variétés ainsi colorées, dans leur lutte pour l'existence, un avantage sur les variétés foncées.

D'autre part, le même auteur voit la cause de l'albinisme dans un processus physiologique de l'organisme, au moyen duquel l'hémolymphe ne développerait pas de pigment, en sorte que les écailles vides ne contiennent que de l'air; c'est cela qui leur prête cette couleur blanche. Nous avons démontré encore que ce mécanisme est assez fréquent, surtout dans les modifications albinisantes provenant d'expériences.

P. Denso nous a informé que l'albinisme partiel de certains Rhopalocères est dû à une modification spéciale qui se produit dans la forme des écailles; celles-ci, au lieu de rester planes, se courbent en élevant leurs bords latéraux. Mais les recherches intéressantes de cet auteur ne nous donnent cependant pas de notions sur la quantité ou la qualité du pigment qui colore ces écailles ainsi déformées. Toujours est-il que le mécanisme qui produit, dans ce cas, l'albinisme, et que nous avons du reste observé nous-même, peut se rattacher à un de ceux que nous avons mis en évidence. En effet, en ayant leurs bords surélevés, les écailles couvrent une moins grande superficie et ne se touchent plus les unes les autres; elles laissent par conséquent entre elles des espaces non colorés et par lesquels la lumière peut filtrer; cela aide encore à l'éclaircissement de l'aile. Du reste, les cas étudiés par Denso ne sont pas *blancs*, mais d'une teinte normale excessivement pâle.

Les auteurs ont voulu voir une différence entre l'*albinisme total*, où l'aile est entièrement frappée de pâleur et l'*albinisme partiel*, qui s'en distingue en ce qu'il n'apparaît que sur certaines parties de l'aile. Nos recherches montrent suffisamment que le premier n'est qu'une généralisation du second et que, par conséquent, l'un et l'autre sont de même nature.

Reste à savoir, maintenant, si les termes *mélanisant* et *albinisant* sont justifiés et s'ils indiquent d'une façon exacte les différents degrés de la variation des Papillons.

Nous avons vu que cette variation procède toujours par des degrés successifs de coloration et que chaque dessin peut, séparément, acquérir la teinte de coloration maximum (brun foncé ou noir) ou de décoloration maximum (blanc). Ainsi, considérons une espèce de Papillon dont les ailes sont ornées de trois couleurs : fauve, brun et noir. Nous savons, d'après les exemples qui ont été signalés, que, pour varier dans le sens du mélanisme, les dessins fauves de ces Insectes deviendront bruns et les ailes ne possèderont plus, alors, que des dessins de deux couleurs : bruns et noirs. Or, les dessins bruns, par surcharge pigmentaire, peuvent à leur tour, dans certains cas, acquérir une coloration si foncée qu'elle nous paraît noire et le Papillon en question, devenu totalement noir, sera alors frappé de *mélanisme complet*. C'est un cas analogue qui se rencontre chez les *Melitæa*, avec six couleurs ou teintes différentes produites par un seul pigment ; c'est encore le cas de l'ab. *lugens*, de *Melanargia galathea*, avec deux couleurs, et de tant d'autres espèces à ailes ornées de deux ou plusieurs couleurs et dont certains individus deviennent uniformément bruns ou noirs, par le fait de la surcharge pigmentaire de chacune des parties de l'aile. Or, c'est précisément à un stade intermédiaire entre le Papillon normal et sa variété frappée de mélanisme complet que s'arrête presque toujours la coloration des individus qui se modifient dans ce sens. Les cas où la surcharge pigmentaire devient suffisante pour transformer tous les dessins en noir sont, en effet, très rares. Dès lors, il nous a paru logique de désigner ce stade intermédiaire si répandu par le terme de *mélanisant*.

Inversement, le défaut de coloration peut amener chaque partie de l'aile à devenir blanche ou d'une pâleur telle qu'elle constituerait l'albinisme parfait, si toutes les parties étaient ainsi modifiées. Ce défaut de pigmentation n'est que très rarement suffisant chez les Lépidoptères pour atteindre cet extrême ; le plus souvent, quelques parties de l'aile sont suffisamment dépouvues de matière colorante pour paraître blanches, les autres conservant leur couleur normale, quoique atténuée. Ce sont les individus qui constituent ces passages entre l'espèce et sa variété frappée d'albinisme complet (et ils sont excessivement répandus) pour lesquels le terme d'*albinisant* est indiqué.

Dès lors, la variation des Papillons apparaît comme des plus simples : *Tel individu qui, au cours de son ontogénie, fabrique moins de pigment que ses congénères, devient albinisant. Inversement, il devient mélanisant, lorsqu'il fabrique davantage de pigment que normalement.* Le degré de décoloration et de surcoloration des parties est calculé par le *degré de production pigmentaire, bien plus que par des modifications chimiques apportées au pigment lui-même.*

A cette conception de l'origine de l'albinisme et du mélanisme plus ou moins complets, mais pouvant, parfaitement, dans les cas extrêmes, devenir complets,

ainsi que nous en avons eu quelques exemples, viennent s'ajouter d'autres mécanismes qui résident dans la taille et le nombre des écailles, dans la production de phénomènes d'optique et dans la transformation du pigment normal en un pigment d'une autre teinte. Mais, de tous ces mécanismes, c'est certainement celui de l'insuffisance du pigment normal, ou de la surcharge de ce même pigment, qui est le plus répandu.

Ces recherches confirment, en une certaine mesure, un fait qui semble être assez général parmi les animaux : à savoir que *le mélanisme est un signe de vigueur et de santé et que l'albinisme, au contraire, dénote un affaiblissement de l'organisme.*

En effet, tous les caractères qui accompagnent le mélanisme chez les Lépidoptères sont des caractères de santé et de vigueur : plus grande abondance de pigment, accroissement de la taille des écailles, parfois leur augmentation en nombre. Souvent les Papillons mélanisants, surtout parmi ceux obtenus d'expériences, sont bien constitués, d'une taille supérieure à la normale, quoique pas toujours; les femelles ont le plus souvent l'abdomen volumineux, avec abondance d'œufs. Très rarement les Papillons mélanisants naissent avortés. En outre, chez les Bombyciens, la pilosité augmente dans de larges proportions.

Au contraire, les caractères qui accompagnent l'albinisme sont tous des caractères d'affaiblissement : moins grande abondance de pigment, diminution du nombre et de la taille des écailles qui, fréquemment, se déforment, se rabougrissent, se replient sur elles-mêmes, s'atrophient. Souvent les Papillons albinisants naissent eux-mêmes atrophiés, leurs ailes ne pouvant se développer complètement, faute de force suffisante ; leur taille est parfois inférieure à la normale et l'abdomen des femelles est, le plus souvent, grêle, avec peu ou pas d'œufs. En outre, chez les Bombyciens, la pilosité diminue considérablement.

Standfuss (1896, 164) admet pleinement l'hypothèse que l'albinisme dénote un affaiblissement incontestable d'énergie vitale. Ayant eu l'occasion d'élever des chenilles frappées d'albinisme, il trouva que leurs Papillons possédaient des caractères de pâleur et il en conclut, avec raison, que l'origine de la décoloration des adultes doit être recherchée dans le développement physiologique de la chenille. C'est, en effet, ce qui s'est présenté dans nos expériences antérieures relatives à l'influence de l'alimentation des chenilles sur la coloration des Papillons (1905, 126). Les chenilles qui furent insuffisamment nourries ou qui eurent à consommer des feuilles qu'elles avaient de la peine à entamer, en sorte qu'elles ne pouvaient les ingérer en suffisante quantité, pâlirent dans la plupart des cas; leurs Papillons, en outre de la forte diminution de taille qu'ils présentent, sont tous frappés

d'albinisme plus ou moins complet, allant parfois jusqu'à la transparence de l'aile. Mais ce qui, surtout, semble montrer que l'albinisme est la résultante d'une sorte d'anémie de l'organisme, c'est le fait, observé principalement avec *Ocneria dispar*, que les modifications albinisantes et la réduction de la taille des sujets s'accentuent encore aux générations subséquentes, lorsque le régime restreint est continué. Mais, au bout de quatre générations, les chenilles finissent par s'habituer aux feuilles difficiles à ingérer ; elles ne souffrent plus de ce régime en sorte qu'elles reprennent leur vigueur, leur taille et leurs couleurs habituelles et que leurs Papillons sont à nouveau bien conformés, avec la teinte normale.

Ces expériences d'alimentation confirment encore l'hypothèse de STANDFUSS, à savoir que l'albinisme des Lépidoptères prend son origine dans la chenille, puisque la différence de régime n'a pu atteindre les chrysalides, celles-ci ne se nourrissant pas. Nos expériences de température sur certaines chenilles, alors que leurs chrysalides sont restées dans le milieu normal, démontrent encore cette hypothèse.

Cependant, les modifications albinisantes et mélanisantes des Papillons prennent aussi naissance dans la chrysalide seulement. C'est ce que montrent les expériences où la température, ou d'autres facteurs, ont agi sur celle-ci, alors que les chenilles sont élevées dans les conditions normales.

La théorie relative au degré de force et de vitalité, dont les modifications albines et mélaniennes seraient l'indication, étant établie, devons-nous nous étonner que, dans presque chacune de nos expériences, le même facteur produise les deux sortes de variation ? Ainsi, des chrysalides sœurs placées exactement dans les mêmes conditions expérimentales, réagissent de deux façons différentes, les unes pour produire des Papillons mélanisants et les autres des albinisants ; en outre, certains sujets possèdent à la fois les deux sortes de caractères.

Cette observation paraît, en effet, devoir surprendre. Mais elle ne doit cependant pas infirmer la théorie en question ; car il est admissible que, parmi les individus expérimentés, appartenant à une même espèce, il se trouve au moins *trois variétés physiologiques* dont l'une a son développement facilité par la température, tandis que l'autre est, au contraire, gênée par l'influence thermique. Entre ces deux, nous considérons un grand nombre d'individus indifférents et qui sont ceux qui ne se modifient pas. Quant aux aberrations à la fois mélanisantes et albinisantes, nous devons voir, en elles, les effets de processus physiologiques localisés.

Un point resterait à traiter ; c'est celui de savoir si la taille et la forme des écailles est due au fait de la pression sanguine, ainsi que plusieurs auteurs et, entre autres, H. FEDERLEY (1905, 35) l'ont montré. Il est naturel de penser, en effet, que le sang pénétrant dans l'écaille alors que celle-ci est encore molle, puisse

la distendre plus ou moins, suivant que la pression est plus ou moins forte. Nos recherches ne s'étant pas portées sur ce sujet qui, du reste, est secondaire dans la question qui nous occupe, nous ne pouvons nous faire une opinion. Dans quelques-uns des cas d'individus mélanisants, nous avons constaté l'augmentation de la taille des écailles, mais sans qu'il se soit produit de surcharge pigmentaire; d'autre part nous avons démontré que des écailles avec forte surcharge de matière colorante, n'ont pas, pour cela, augmenté de taille, et, dans un petit nombre d'exceptions, c'est la réduction de la taille des écailles qui concorde avec une surabondance de pigment. Il est vrai, par contre, que dans la plupart des aberrations albinisantes, la réduction de la taille des écailles correspond à la diminution de la dose de pigment, ou même à l'absence complète de celui-ci. Nous ne savons s'il existe une corrélation entre la quantité de matière colorante et la quantité de sang injecté qui contient celle-ci, en sorte que ce que nous venons de dire n'infirme pas, d'une manière absolue, la théorie de la pression sanguine.

Une dernière conclusion qui découle de ces expériences concerne la phylogénie des Lépidoptères. Sous l'influence de la température, et aussi de la nourriture des chenilles, les caractères pigmentaires considérés comme distinctifs des espèces se modifient avec une étonnante facilité, pour arriver même à disparaître complètement. Mais il est certains caractères que l'expérience n'arrive pas à amoindrir ou à modifier : *ce sont ceux qui se retrouvent parmi plusieurs espèces d'un groupe ou d'un genre.* Le point discoïdal de *Lasiocampa quercus* et le *V* discoïdal d'*Ocneria dispar* sont dans ce cas, et nous sommes en droit d'admettre que ces dessins sont plus anciens, *puisque plus stables* et communs à plusieurs espèces, que les autres caractères. Dans ce domaine, l'expérimentation peut apporter une précieuse contribution à la systématique, en montrant quels sont ceux des caractères qui résistent le mieux et qui sont, par conséquent, plus anciens et plus propres à différencier les espèces, que ceux qui s'effacent et se modifient facilement; ces derniers différencieront les formes les plus nouvelles, c'est-à-dire les variétés.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. Agassiz, G. *Etude sur la coloration des ailes des Papillons.* Lausanne, 31 p., 1903.
2. Auffrie, E. *A propos d'albinisme chez les Vertébrés.* Feuille J. Natur., p. 17-18, 1906.
3. Bachmetjew, P. *Experimentelle entomologische Studien vom physikalischchemischen Standpunkt aus.* Vol. I. Leipzig, 1901.
4. id. P. *Experimentelle entomologische Studien vom physikalischchemischen Standpunkt aus.* Vol. II, Leipzig, 1907.
5. Bær, M. *Ueber Bau und Farben der Flügelschuppen bei Tagfalter.* Zeitsch. f. wiss. Zool., LXV, p. 50-64, 1898.
6. Ball, Fr. *Notes sur l'effet de la température sur les chrysalides.* Ann. Soc. Ent. Belge, XLV, p. 385-388, 1901.
7. Barker, C.-W *Seasonal dimorphism of Rhopalocera in Natal.* Trans. Entom. Soc., London, p. 413-428, 1895.
8. Belier de la Clavigerie, E. *Mémoire sur les variétés accidentelles chez les Lépidoptères.* Ann. Soc. Ent. France, p. 299-310, 1858.
9. Belliard, H *Contribution à l'etude de la formation et de la nature de la matière colorante des ailes des Lépidoptères.* Feuille J. Nat., p. 141-146, 161-163, 1903.
10. Berce, E. *Faune entomologique française. Lépidoptères.* 6 vol., Paris, 1867.
11. Berge, F. *Atlas colorié des Papillons d'Europe* (Traduction française par J. de Joannis), Paris, 1901.
12. Berger, R. *Beiträge zum Melanismus der Schmetterlinge.* Soc. ent., p. 20-21, 27-28, 35-36, 44-45, 52-53, 59-60, 1892.
13. Biedermann, W. *Die Schillerfarben bei Insekten und Vögeln.* Denkschr. Med. Nat. Gesellsch. XI, p. 217-300, 1904.
14. Blanchard, E. *La coloration de certains Insectes de l'ordre des Lépidoptères.* C. R., CXXI, p. 961, 1895.
15. Bordage, E. *Expériences sur la relation qui existe entre la couleur du milieu et la couleur des chrysalides.* Proc. 4th Intern. Congr. Zool. Cambridge, p. 235-244, 1899.
16. Breit, J. *Ueber die allmählige Verdunkelung einiger Lepidopterenarten aus der Umgegend von Düsseldorf.* Soc. Ent., XV, p. 73-74, 1900.
17. Bürstert, H. *Eine eigentümliche einseitige Aberration von Sphinx pinastri.* Allg. Zeitschr. f. Entom., p. 164-165, 2 fig., 1901.
18. Butler, A.-G. *On the Lepidoptera of the Amazons, collected by.* J.-W.-H. Trail *during the Years 1873-1875.* Trans. Entom. Soc. London, p. 19-76, 1879.
19. Canichel et Mandoul, H. *Des colorations bleues et vertes de la peau des Vertébrés.* C. R. CXXXIII, p. 826-828, 1901.
20. Caradja, A. von. *Bemerkungen über Spilosoma mendica, Cl. var. rustica, Hb.* Soc. Ent., IX, p. 33-35, 1894.
21. Carnot, P. *Recherches sur le mécanisme de la pigmentation.* Bull. Scient. France-Belgique. XXX, p. 1-82, 2 pl., 1896.
22. Cholodkovsky, N. *Sur quelques variations artificielles du Papillon de l'Ortie (Vanessa urticæ).* Ann Soc. Entom. France, LXX, p. 174-177, 1901.

23. Collinge, W.-E. *The effect of change of food and temperature on the development of Abraxas grossulariata, Steph.* Journ. of Econom. Biol., I (tirage à part 4 p.), 1905.

24. Coupin, H. *Influence de la nourriture sur la coloration des animaux.* Le Naturaliste, p. 262, 1904.

25. Courvoisier, L.-G. *Ueber Aberrationen der Lycæniden.* Mitt. d. entom. schweiz. Gesellsch. p. 18-27, 1903.

26. De la Harpe. *Influence du froid sur la coloration des Lépidoptères.* Bull. Soc. Vaud. Sc. nat., p. 390-400, 1846-1848.

27. Dixey, F.-A. *Mr Merrifield's experiments in temperature-variation as bearing on theories of heredity.* Trans. Entom. Soc. London, p. 439-446, 1894.

28. id. *On the relation of mimic patterns to the original form.* Trans. Entom. Soc. London, p. 67-79, 3 pl., 1896.

29. Dorfmeister, G. *Ueber die Einwirkung verschiedener, während der Entwicklungsperioden angewendeter Wärmegrade, auf die Färbung und Zeichnung der Schmetterlinge.* Mitt. d. naturwiss. Vereins f. Steiermark. Graz, p. 99-108, 1864.

30. Duponchel, P.-A.-J. *Iconographie et Histoire naturelle des chenilles pour servir de complément à l'Histoire naturelle des Lépidoptères ou Papillons de France.* Paris. 2 vol., 92 pl., 1849.

31. Eimer, G.-H.-T. *Die Entstehung der Arten auf Grund von vererben erworbener Eigenschaften nach den Gesetzen organischen Wachsens. Ein Beitrag zur einheitlichen Auffassung der Lebewelt.* Jena, 1888.

32. id. *Ueber die Artbildung und Verwandtschaft bei den schwalbenschwanzartigen Schmetterlingen.* Verh. deuts. Zool. Gesellsch. 5 Jahrsvers. zu Strassburg, p. 125-131, 1889.

33. id. *Die Artbildung und Verwandtschaft bei den Schmetterlingen. Part II: Systematische Darstellung der Abänderungen, Abarten und Arten der schwalbenschwanzähnlichen Formen der Gattung Papilio.* Jena, 7 fig., 4 pl., 1895.

34. Fallou, J. *Notes sur diverses variétés de Lépidoptères.* Ann. Soc. Ent. Fr., p. 21-22, 1883.

35. Federley, H. *Lepidopterologische Temperatur-Experimente mit besonderer Berücksichtigung der Flügelschuppen.* Festsch. f. Palmen, Helsingfors (tirage à part, 117 p., 3 pl.), 1905.

36. id. *Ueber den Albinismus bei den Lepidopteren.* Act. Soc. pro Fauna et Flora Fennica, XXXI (tirage à part, 28 p., 1 pl.). 1908.

37. Field, W.-L. *A contribution to the study of individual variation in the wings of Lepidoptera.* Proc. Ann. Ac. Sc., XXXVIII, p. 389-392, 1898.

38. Fischer, E. *Transmutation der Schmetterlinge infolge Temperaturänderungen: experimentelle Untersuchungen über die Phylogenese der Vanessen.* Berlin, 1895.

39. id. *Neue experimentelle Untersuchungen und Betrachtungen über das Wesen und die Ursachen der Aberrationen in der Faltergruppe Vanessa.* Berlin, 1896.

40. id. *Beiträge zur experimentellen Lepidopterologie.* Ill. Zeitsch. Entom., XI, p. 33-34, 67-69, 97-99, 133-135, 164-167, 214-216, 228-230, 243 245, 1899.

41. id. *Experimentelle Untersuchungen über die Vererbung erworbener Eigenschaften.* All. Zeitsch. f. Entom., VI, p. 49-51, 363-365, 377-380, 1901.

42. id. *Experimentelle Untersuchungen über Entstehung und Wesen der Schmetterlingsvarietäten und Aberrationen.* Ber. Senckenberg. Gesellsch., p. 97-100, 1901.

43. id. *Lepidopterologische experimental. Forschungen.* Allg. Zeitsch. Entom., VII, p. 221-228, 2 pl., 1903.

44 id. *Zur Physiologie der Aberrationen- und Varietäten-Bildung der Schmetterlinge.* Arch. f. Rassen und Gesellsch. Biologie, IV, p. 761-792, 1 pl., 1907.

45. Friedmann, F. *Ueber die Pigmentbildung in den Schmetterlingsflügeln.* Arch. mier. Anat., LIX, p. 88-95, 1 pl., 1899.

46. Frings, C. *Ein Fall von Schein-Albinismus bei P. machaon.* Soc. Ent., XII, p. 81, 1897.

47. id. *Experimente mit erniedrigter Temperatur im Jahre 1897.* Soc. Ent. XIII, p. 35-36, 41-42, 51-52, 58-60, 65-66, 75-76, 1898.

48. id. *Experimente mit erniedrigter Temperatur im Jahre 1898.* Soc. Ent. XIV, p. 41-43, 51-53, 57-59, 65-67, 1899.

49. id. *Experimente mit erniedrigter Temperatur im Jahre 1899.* Soc. Ent. XV, p. 25-27, 33-36, 1900.

50. id. *Temperatur-Versuche im Jahre 1900.* Soc. Ent. XVI, p. 17-19, 26-27, 35-37, 42-44, 1901.

51. id. *Temperatur-Versuche im Jahre 1901.* Soc. Ent. XVII, p. 9-11, 17-19, 25-26, 33-35, 43-45, 52-54, 60-61, 66-68, 1902.

52. id. *Temperatur-Versuche im Jahre 1902.* Soc. Ent. XVIII, p. 1-3, 10-11, 19-21, 1903.

53. id. *Bericht über meine Temperatur-Versuche in den Jahren 1903-1904.* Soc. Ent. XIX, p. 137-138, 147-148, 153-156, 163-164, 172-173, 178-180, 1905.

54. Fuchs, F. *Neue Schmetterlingsformen.* Soc. Ent. XIX, p. 17-18, 1905.

55. Gadeau de Kerville, H. *Description de Coléoptères anomaux des genres Mecinus et Galerita et de Lépidoptères albins du genre Oeneria.* Bull. Soc. Entom. France, p. 88-89, 1903.

56. Gauckler, H. *Entstehung von Lepidopterenvarietäten durch Nahrungswechsel.* Entom. Nachr., VIII, p. 275, 1882.

57. id. *Experimente mit niedriger Temperatur an Vanessa-Puppen.* Iris II, p. 394-397, 1896.

58. id. *Experimente mit niedriger Temperatur an Vanessa-Puppen.* Iris IV, p. 14-19, 1898.

59. Graber, V. *Die Insekten, II. Band : Vergleichende Lebens- und Entwicklungsgeschichte der Insekten.* Munich, 1877.

60. Griffiths, A.-B. *Recherches sur la couleur de quelques Insectes.* C. R., CXV, p. 958-959, 1892.

61. Haase, E. *Duftapparate indo-australischer Schmetterlinge.* Corresp. Blatt. Ent. Ver. Iris, p. 92-107, 1886.

62. Habich, O. *Ueber den Einfluss des Futters auf die Färbung und Zeichnung der Raupen des Genus Eupithecia.* Entom. Ztg. Stettin, p. 36-37, 1891.

63. Harcourt-Barth, W. *On seasonal dimorphism in british butterflies.* The Entomologist, XXIX, p. 272-274, 1896.

64. Hein, E. *Meine Zucht-Versuche.* Soc. Ent., IX, p. 65-66, 1894.

65. Henneguy, L.-F. *Les Insectes, Morphologie, Reproduction, Embryogénie. Paris, 1904.*

66. Hensel. *Sitzung des Berl. Ver. 1900.* Insekt. Börse XVII, p. 181, 1900.

67. Hoffmann, A. *Ueber norddeutsche Strand- und Dünenvarietäten der Lepidopteren.* Soc. Ent. VI, p. 125, 129-130, 1891.

68. Hopkins, F.-G. *Note on a yellow Pigment in Butterflies.* Proc. Chem. Soc. London, V, p. 117-118, 1889.

69. id. *The pigment of the Pieridæ : a contribution of the study of excretory substances which function in ornament.* The Entomologist, p. 1, 1895.

70. id. *The pigment of the Pieridæ.* Proc. Roy. Soc. London, LVII, p. 5-6, 1895.

71. Houlbert, C. *Les Insectes, Anatomie et Physiologie générales.* Encyclop. Scient., Paris, 1910.

72. Irmscher, E. *Zum Entstehen der Aberrationen in der Natur.* Illustr. Zeitschr. f. Entom., V, p. 166, 1900.

73. Kathariner, L. *Versuche über den Einfluss des Lichtes auf die Farbe der Puppe vom Tagpfauenauge.* Biol. Centralbl., XIX, p. 712-718, 1899.

74. id. *Versuche über den Einfluss der verschiedenen Strahlen des Spectrums auf Puppe und Falter von Vanessa urticæ und V. io.* Ill. Zeitschr. Entom., p. 361-369, 1900.

75. id. *Versuche über die Ursache der «partiellen Albinismus» bei Schmetterlingen.* Ill. Zeitschr. Entom., p. 341, 1900.

76. Kolbe, H.-J. *Einführung in die Kenntnis der Insekten.* Berlin, 1893.

77. Krukenberg, C.-F.-W. *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Farbstoffe und der Farben.* 1884.

78. Lafitole, de. *Simples notes.* Pet. Nouv. Entom., p. 162-163, 1876.

79. Landois, H. *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Schmetterlingsflügel in der Raupe und Puppe.* Zeitsch f. wissen. Zool., XXI, p. 305-316, 1871.

80. Leydig, F. *Bemerkungen über Farben der Hautdecke und Nerven der Drüsen bei Insekten.* Arch. f. Mikrosk. Anat., XII, p. 536-550, 1876.

81. Linden, M. von. *Untersuchungen über die Entwickelung der Zeichnung des Schmetterlingsflügel in der Puppe.* Zeitschr. f. wissen. Zool., LXV, p. 1-49, 1898.

82. id. *Versuche über den Einfluss äusserer Verhältnisse auf die Gestaltung der Schmetterlinge.* Ill. Zeitschr. f. Entom., IV, p. 225-227, 261-263, 321-323, 339 341, 369-372, 1899.

83. id. *Die Flügelzeichnung der Insekten.* Biol. Centralbl., XXI, p. 625-633, 753-779, 1901.

84. id. *Die Farben der Schmetterlinge und ihre Ursachen.* Leopoldina, XXXVIII, p. 124-133, 1902.

85. id. *Experimentelle Untersuchungen über die Vererbung erworbener Eigenschaften.* Biol. Centralbl., XXII, p. 62-64, 1902.

86. id. *Le dessin des ailes des Lépidoptères. Recherches sur son évolution dans l'ontogenèse et la phylogenèse des espèces, son origine et sa valeur systématique.* Ann. Sc. Nat. Zool., XIV, p. 1-144, 13 pl., 1902.

87. id. *Die gelben und roten Farbstoffe der Vanessen.* Biol. Centralbl., XXIII, p. 774-828, 1903.

88. id. *Recherches morphologiques, physiologiques et chimiques sur la matière colorante des Vanesses.* Ann Sc. Nat. Zool., XX, p. 295-363, 3 pl., 1903.

89. id. *Der Einfluss des Stoffwechsels der Schmetterlingspuppe auf die Flügelfärbung und Zeichnung des Falters.* Arch. f. Rassen- und Gesellsch.-Biol , I, p. 477-518, 1904.

90. id. *Die Ergebnisse der experimentellen Lepidopterologie.* Biol. Centralbl., XXIV, p. 615-635, 6 fig., 1904.

91. id. *Ueber den Einfluss der Sauerstoffentziehung während des Puppenlebens auf die Gestaltung der Schmetterlinge.* C. R. 6me Congrès Intern. Zool. Berne, p. 491-497, 1904.

92. id. *Physiologische Untersuchungen an Schmetterlingen.* Zeitschr. f. wiss. Zool., LXXXII, p. 411-444, 1905.

93. id. *Untersuchungen über die Veränderung der Schuppenfarben und der Schuppenformen während der Puppenentwickelung von Papilio podalirius. Die Veränderungen der Schuppenformen durch äussere Einflüsse.* Festschr. f. J. Rosental, Leipzig, p. 61-81, 1906.

94. id. *Der Einfluss des Kohlensäuregehaltes der Atemluft auf die Gewichtsveränderung von Schmetterlingspuppen.* Arch. f. Anat. und Phys. (Phys. Abt.), p. 162-208, 1907.

95. Linstow, V. *Melanismus bei Schmetterlingen.* Berlin. Entom. Zeitsch., LV, p. 123-126, 1910.

96. Lionel de Niceville. *List of Butterflies of Calcutta and its neighbourhood.* Journ. Asiat. Soc. Bengal, LIV, Part II, p. 39-54, 1885.

97. Lorez, C. *Aberrationen von Arctia flavia Fuessli.* Soc. Entom., XIX, p. 123-124, 1904.

98. Manders, N. *On the effect of rearing larvæ of Vanessa urticæ in darkness.* The Entomologist, XLII, p. 39, 1909.

99. Mandoul, H. *Sur la cause des colorations changeantes des tégument.* C. R., CXXXV, p. 65-66, 1902.

100. Mann, J. *Aufzählung der im Jahre 1865 in der Dobrudscha gesammelten Schmetterlinge.* Verhandl. Zool. Bot. Gesellsch. in Wien, p. 321-360, 1866.

101. Marshall, G.-A.-K. *Seasonal dimorphism in butterflies of the genus Pieris.* Ann. Mag. Nat. Hist., p. 30-40, 1898.

102. id. *Some experiments in seasonal dimorphism.* Ann. Mag. Nat Hist., p. 398-403, 1901.

103. Mayer, A.-G. *The development of the wingsscales and their pigment in Butterflies and Moths.* Bull. Mus. Havard., XXIX, p. 209-236, 7 pl., 1896.

104. id. *On the colour and colour-patterns of Moths and Butterflies.* Proc. Boston Soc., XXVII, p. 243-330, 10 pl., 1897.

105. id. *A new hypothesis of seasonal dimorphism in Lepidoptera.* Psyche., VIII, p. 47-50, 59-62, 1897-1899.

106. Meissner, O. *Der zunehmende Melanismus der Lepidopteren in der Nähe der Grossstädte.* Soc. Ent., XXII, p. 19-20, 1908.

107. Merrifield, F. et Poulton, E.-B. *The colour relation between the pupæ of Papilio machaon, Pieris napi and many other species, and the surroundings of the larvæ preparing to pupate.* Trans. Entom. Soc. London, p. 366-433, 1889.

108. Merrifield, F. *Artificial temperature effects on the colouring of several species of Lepidoptera.* Trans. Entom. Soc. London, 1891.

109. id. *The effects of artificial temperature on the colouring of several spies of Lepidoptera, with an account of light.* Trans. Entom. Soc. London, p. 33-44, 1892.

110. id. *The effects of temperature in the pupal stage on the colouring of Pieris napi, Vanessa atalanta, Chrysophanus phleas,* etc. Trans. Entom. Soc. London, p. 55-68, 1893.

111. id. *Temperature experiments in 1893, on several species of Vanessa and other Lepidoptera.* Trans. Entom. Soc. London, p. 425-438, 1894.

112. id. *Recent exemples of the effect on Lepidoptera of extreme temperature applied in the pupal stage.* Proc. South. Entom. and Nat. Hist. Soc. London, 1897.

113. id. *The colouring of pupæ of P. machaon and P. napi caused by the exposure to coloured surroundings of the larvæ preparing to pupate.* Trans. Entom. Soc. London, p. XXX-XXXII, 1898.

114. Meyer-Dür, H. *Ueber klimatische und geognotische Einflüsse auf Farben und Formen der Schmetterlinge.* Act. Soc. Helv. Sc. Nat. Sion, p. 145-151, 1852.

115. Möller, L. *Die Abhängigkeit der Insekten von ihrer Umgebung.* (Inaug. Dissert, 107 p.), Leipzig, 1867.

116. Nicholson, C. *The colour of butterflies.* The Entom. Rec. and Journ. of Var., XX, p. 114-117, 1908.

117. Oberthür, C. *Observations sur les lois qui régissent la variation chez les Insectes Lépidoptères.* Feuil. Jeun. Nat., p. 2-4, 1893.

118. id. *Observations sur la faune anglaise comparée des Lépidoptères et leurs variations.* Feuil. Jeun. Nat., p. 12-17, 1900.

119. id. *Etudes de Lépidoptérologie comparée.* Rennes, 1909-1910.

120. Pictet, A. *Développement ærien des ailes des Lépidoptères.* Arch. Sc. Phys. Nat. Genève, IV, vol. 7, p. 281-284, 1899.

121. Pictet, A. *Influence des changements de nourriture des chenilles sur le développement de leurs Papillons.* Arch. Sc. Phys. Nat. Genève, IV, vol. 14, p. 537-540, 1902.

122. id. *Notes complémentaires sur la variation des Papillons provenant de l'humidité.* Arch. Sc. Phys. Nat. Genève, IV, vol. 17, p. 110-112, 1903.

123. id. *Variations des Papillons provenant des changements d'alimentation de leurs chenilles.* Arch. Sc. Phys. Nat. Genève, IV, vol. 17, p. 585-588, 1903.

124. id. *Variations des Papillons provenant des changements d'alimentation de leurs chenilles et de l'humidité.* C. R. VI^me^ Congrès Intern. Zool. Berne, p. 498-507, 1904.

125. id. *Contribution à l'étude de la variation des Papillons* Verhandl. der Schw. Naturf. Gesell. Luzern, p. 255-262, 1905.

126. id. *Influence de l'alimentation et de l'humidité sur la variation des Papillons.* Mem. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève, Vol. 35, p. 45-127, pl. 1 à 5, 1905.

127. id. *Des Diapauses embryonnaires, larvaires et nymphales chez les Insectes Lépidoptères.* Bull. Soc. Lep. Genève, I, p. 98-153, 7 fig., 1906.

128. id. *Diapauses hivernales chez les Lépidoptères.* Arch. Sc. Phys. Nat. Genève, IV, vol. 23, p. 302-305, 1907.

129. id. *Adaptation d'un Lépidoptère à un nouveau régime alimentaire.* Arch. Sc. Phys. Nat. Genève, IV, vol. 28, p. 503-505, 1909.

130. id. *La couleur blanche des Papillons.* Arch. Sc. Phys. Nat. Genève, IV, vol. 30, p. 626-628, 1910.

131. id. *Mécanismes de l'albinisme et du mélanisme.* Arch. Sc. Phys. Nat. Genève, IV, vol. 29, p. 650-655, 1910.

132. id. *Nouvelles recherches sur la variation des Papillons : l'un des mécanismes de l'albinisme et du mélanisme.* Arch. Sc. Phys. Nat. Genève, IV, vol 29, p. 640-644, 1910.

133. id. *Recherches expérimentales sur l'origine de la couleur bleue chez les Lépidoptères.* Arch. Sc. Phys. Nat. Genève, IV, vol. 30, p. 621-623, 1910.

134. Piepers, M.-C. *Mimetisme.* C. R. 3^me^ Congrès Intern. Zool. Leyde, p. 460-476, 2 tables, 1895.

135. id. *Ueber die Farbe und den Polymorphismus der Sphingiden-Raupen.* Tijdsch. voor. Entom., XL, p. 27-105, 4 pl., 1897.

136. id. *On the evolution of colour in Lepidoptera.* Proc. 4^th^ Intern. Congres Zool. Cambridge, p. 232-235, 1899.

137. Poulton, E.-B. *An inquiry into the cause of extent of a special colour relation between certain exposed lepidopterous pupæ and the surfaces which immediately surround them.* Phil. Trans. Roy. Soc. London, CLXXVIII, p. 311-441, 1887. — Proc. Roy. Soc. London, XLII, p. 94-108, 1887.

138. id. *Protective mimicry and common warning colours.* Nature, LVII, p. 389, LVIII, p. 223, 1898.

139. Prest, W. *On melanism and variation in Lepidoptera.* The Entomologist, p. 129-131, 1877.

140. Raynor, G.-H. *Variation of Aglais urticæ.* The Entom. Rec. and Journ. of Var., XXI, p. 4-8, 1909.

141. Reuss, T. *Aberrations of V. urticæ and V. io.* The Entomologist, XLII, p. 223-224, 1909.

142. id. *An « iocolor » and « ioform » aberration of Vanessa urticæ.* The Entom. Rec. and Journ. of Var., XXI, p. 83-86, 1909.

143. id. *Variation in Vanessa urticæ: Seasonal (climateral) and local variation in V. urticæ and V. io by which the two species show a tendency to meet in fascies.* The Entomologist, XLII, p. 303-313, 1909, XLIII, p. 23-27, 1910.

144. Reverdin, J. *Aberrations de Lépidoptères.* Bull. Soc. Lep. Genève, I, p. 170-174. 1905-1909.

145. id. *Pieris rapæ L. and Pieris manni Mayer.* The Ent. Rec. Journ. of Var., XXI, p. 149-150. 1909.

146. id. *Resultats de quelques expériences relatives à l'influence des rayons Röntgen sur des chrysalides de Papillons.* Bull. Instit. Nat. Genève, XXXVIII, p. 239-241, 1909.

147. Rühl, F. *Ueber die Beschleunigung der Entwickelung überwinternden Puppen durch erhöhte Temperatur.* Soc. Ent., p. 138-139, 1887, p. 145-146, 1888.

148. id. *Die Macrolepidopteren-Fauna von Zurich und Umgebung.* Soc. Ent., p. 50-51, 1889.

149. id. *Die palæarktischen Grossschmetterlinge und ihre Naturgeschichte.* Leipzig, 1892.

150. Ruhmer, G.-W. *Die Uebergänge von Araschnia levana L. zu var prorsa L., und die bei der Zucht anzuwendende Kältenmenge.* Entom. Nachr., XXIV, p. 37-52, 1898.

151. id. *Wie entsteht Araschnia levana ab. porima O. in der Natur.* Entom. Nachr., XXIII-XXIV, p. 353-359, 1898.

152. Schatz, E. *Die Familien und Gattungen der Tagfalter systematisch und analytisch bearbeitet (2. Theil von : Exotische Schmetterlinge von* Dr O. Staudinger und Dr E. Schatz), p. 29-31, 1885.

153. Schreiber, F. *Ueber Fang und Zucht von Lophopteryx camelina L. ab. giraffina.* 4. Jahresber. des Wien. Entom. Ver., p. 21-23, 1893.

154. Schröder, F. *Experimentelle Untersuchungen bei den Schmetterlingen und deren Entwickelungszuständen.* Ill. woch. Entom., p. 133-137, 181-184, 1 fig., 1 pl., 1896.

155. id. *Die Zeichnungs-Variabilität von Abraxas grossulariata.* Allg. Zeitschr. Entom., VIII, p. 228-234, 1903.

156. id. *Was schützt den Falter.* Ill. woch. Entom., p. 7-12, 21-26, 2 fig., 1896.

157. Seifert, O. *Contribution of the Knowlege of Northamerican Arctiidæ.* The Canad. Entom., XXXVII, 1905.

158. Semper, C. *Beobachtungen über die Bildung der Flügel, Schuppen und Haare bei den Lepidopteren.* Zeitsch. f. wiss. Zool., VIII, p. 326-339, 1857.

159. Spengel, J.-W. *Ueber einige Aberrationen von Papilio machaon.* Zool. Jahrbuch Abth. f. Syst. Geog. und Biol. der Thiere (tirage à part, 48 p., 3 pl.), 1899.

160. Standfuss, M. *Handbuch für Sammler der europäischen Gross-Schmetterlinge.* 1891.

161. id. *Ueber die Gründe der Variation und Aberration des Falterstadiums bei den Schmetterlingen.* Insekten Börse, XI, p. 199-201, 209-210, 217-218, 225-226, 1894, XII, p. 4-5, 13, 22-23, 29-30, 36-37, 1895.

162. id. *Weitere Mittheilungen über den Einfluss extremer Temperaturen auf Schmetterlingspuppen.* Entom. Zeitsch., p. 89-91, 1895.

163. id. *On the causes of variation and aberration in the imago-stage of butterflies, with suggestion on the establishment of new species.* The Entomologist, XXVIII, p. 69-76, 1895.

164. id. *Handbuch der palæarktischen Grossschmetterlinge für Forscher und Sammler.* Jena, 1896.

165. id. *Etudes de zoologie expérimentale en corrélation avec la théorie de l'évolution.* C. R. trav. 81me Session Soc. Helv. Sc. Nat., p. 78-80, 1898.

166 id. *Experimentelle zoologische Studien mit Lepidopteren.* Denksch. Schweiz. Naturf. Gesell. (tirage à part, 81 p., 5 pl.), 1898.

167. id. *Etudes zoologiques expérimentales sur les Lépidoptères : résultats principaux obtenus jusqu'à la fin de 1898.* Ann. Soc. Entom. France, LXIX, p. 82-101, 1900.

168. id. *Synopsis of experiments in hybridation and temperature made with Lepidoptera up to the end of 1898.* The Entomologist, XXXIII, p. 101-107, 283-293, 294-320, 4 pl. 1900; XXXIV, p. 11-13, 75, 84, 1901.

169. Thurau. Sitzung des Berlin. Entom.-Verein vom 10. Mai 1900. Insekt. Börse XVII, p. 181. 1900.

170. Tutt, J.-W. *Variation in Lepidoptera. A criticism.* Entom. Rec. and Journ. of Var., XX, p. 83-87, 1908.

170*a*. id. *A natural History of the British Lepidoptera.* Vol. I, London, 1899.

171. Urech, F. *Chemisch. analytische Untersuchungen an lebenden Raupen, Puppen und Schmetterlingen und an ihren Secreten.* Zool. Anz., p. 254-260, 272-280, 309-314, 334-341, 1890.

172. id. *Beobachtungen über die verschiedenen Schuppenfarben und die zeitliche Succession ihres Auftretens (Farbenfelderung) auf den Puppenflügelchen von Vanessa urticæ und io.* Zool. Anz., p. 297-305, 1891.

173. id. *Beobachtungen über die zeitliche Succession des Auftretens der Farbenfelder auf den Puppenflügelchen von Pieris brassicæ.* Zool. Anz., p. 284-290, 293-299, 1892.

174. id. *Beiträge zur Kenntnis der Farbe von Insektenschuppen.* Zeitsch. f. wiss. Zool., LVII, p. 306-384, 1893.

175. id. *Beobachtungen von Compensationsvorgängen in die Farbenzeichnung, bezw unter den Schuppenfarben an durch thermische Einwirkung entstandenen Aberrationen und Subspecies einiger Vanessa-Arten Erwägungen darüber und über die phyletische Recapitulation der Farbenfelderung in der Ontogenese.* Zool. Anz., XIX, 163-174, 177-185, 201-206, 1896.

176. id. *Action du froid et de la chaleur sur les cocons de Vanessa.* Arch. Sc. Phys. et Nat. IV, p. 486-487, 1897.

177. id. *Experimentelle Ergebnisse der Schnürung von nach weiche Puppen der Vanessa urticæ quer über die Flügelchen.* Zool. Anz., XX, p. 487-501, 1897.

178. id. *Einige Bemerkungen über meine durch Schnürung noch weicher Vanessa urticæ Puppen erhaltenen Farbenveränderungen der Falterschuppen.* Soc. Ent., XIII, p. 33-34, 1898.

179. id. *Ergebnisse von Temperatur-Experimenten an Vanessa io.* Ill. Zeitsch. f. Entom., 1898.

180. id. *Mittheilungen über die diesjährigen aberrativen und chromatotarachaïschen Versuchsergebnisse an einigen Species der Vanessa-Falter.* Fasc. suppl. Revue. Suisse Zool., V. Bull. Soc. Zool. Suisse, 1898.

181. id. *Sur quelques échantillons aberrants obtenus dernièrement soit de Vanessa urticæ, soit de Vanessa io.* C. R. trav. 81me Session Soc. Helv. Sc. Nat., p. 88-89, 1898.

182. id. *Kennzeichung und kritische Bemerkungen über Terminologisches, Wärmeenergetisches und Farbenevolution meiner erzielten Aberrationen von Vanessa io und urticæ.* Zool. Anz., XXII, p. 121-123, 1899.

183. Venus, C.-E. *Ueber Varietäten-Zucht.* Corresp. Bl. d. Entom. Vereins Iris, I, p. 209-210, 1888.

184. Verhoeff, C. *Die Verbreitung des schwarzen Pigment bei Tracheaten.* Ent. Nachr., XXIII, p. 230-236, 1897.

185. Wagner, N. *Influence de l'électricité sur la formation des pigments et sur la forme des ailes des Papillons.* C. R., LXI, p. 170. 1865.

186. Weismann, A. *Studien zur Descendenz-Theorie : I. Ueber den Saison-Dimorphismus der Schmetterlinge.* Leipzig, 95 p., 2 pl., 1875.

187. id. *Studien zur Descendenz-Theorie : II. Ueber die letzten Ursachen der Transmutationen.* Leipzig, 336 p., 5 pl., 1876.

188. id. *Neue Versuche zum Saison-Dimorphismus der Schmetterlinge.* Zool. Jahrbücher, Abt. f. Syst., VIII (tirage à part, 74 p.), 1895.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE : LE MÉLANISME ET L'ALBINISME DES LÉPIDOPTÈRES D'APRÈS LES RECHERCHES DES AUTEURS.

Pages.

Chapitre I. — Coloration des ailes des Papillons 111
Les couleurs optiques 113
Les couleurs pigmentaires 115
Les dessins des Papillons 116
Chapitre II. — De la variation par mélanisme et albinisme, à l'état naturel 117
Variation de la couleur générale de l'aile 117
Variation des dessins de l'aile 118
Variation par mélanisme et albinisme des parties de l'aile 120
La variation des Lépidoptères en rapport avec leur distribution géographique . . . 122
Chapitre III. — De la variation par mélanisme et albinisme des parties, d'après les expériences des auteurs 125
A. Dimorphisme saisonnier. 125
B. Influence de l'humidité et de la sécheresse 128
C. Influence de la température 130
D. Influence de la lumière 139
E. Influence des agents chimiques 140
F. Influence de la nourriture 141
G. Influence de l'électricité 143
H. Influences mécaniques diverses. 144
Conclusions relatives aux faits exposés dans ce chapitre 146

DEUXIÈME PARTIE : LE MÉLANISME ET L'ALBINISME DES LÉPIDOPTÈRES D'APRÈS LES RECHERCHES PERSONNELLES.

Chapitre I. — Recherches expérimentales sur la coloration des ailes des Papillons . . . 149
Conclusions relatives aux faits exposés dans ce chapitre 161
Chapitre II. — Recherches expérimentales sur la variation par mélanisme et albinisme des parties 163
Pieris rapæ 163
Expériences de température élevée avec Pieris rapæ 171
Pieris brassicæ 174
Expériences de température élevée avec Pieris brassicæ 175
Pieris napi 176
Aberrations de Pieris napi. 177
Leucophasia sinapis 178

Pages.

Anthocharis cardamines 179
Aporia crataegi 180
Expériences de température élevée avec Aporia crataegi 182
Parnassius apollo 183
Parnassius delius 185
Parnassius mnemosyne 185
Melitæa athalia 187
Melitæa parthenie 190
Melitæa aurinia 190
Expériences de température élevée avec Melitæa aurinia 191
Melitæa cinxia 193
Expériences de température élevée avec Melitæa cinxia 194
Quelques espèces du genre Erebia 196
Argynnis paphia 197
Argynnis aglaja et niobe 198
Taches nacrées du dessous de diverses espèces d'Argynnis 199
Papilio podalirius 199
Expériences de température élevée avec Papilio podalirius 200
Vanessa urticæ 201
Expériences de température élevée avec Vanessa urticæ 203
Quelques remarques au sujet du point critique où la chrysalide de Vanessa urticæ est susceptible d'être influencée par la température 204
Détail des expériences avec les chrysalides de Vanessa urticæ 205
Conclusions relatives à l'énoncé de ces expériences 218
Vanessa io 222
Expériences de température élevée avec Vanessa io 222
Bombyx neustria 224
Expériences de température élevée avec Bombyx neustria 225
Selenia tetralunaria 229
Expériences de température élevée avec Selenia tetralunaria 230
Psilura monacha 232
Expériences de température élevée avec Psilura monacha 233
Ocneria dispar 235
Expériences de température avec Ocneria dispar 236
Lasiocampa quercus 240
Expériences de température avec Lasiocampa quercus 242

CONCLUSIONS 252
Les mécanismes de la variation 254
Production du mélanisme 258
Production de l'albinisme 260

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE 269

EXPLICATION DE LA PLANCHE 1

Expériences de température élevée avec les chrysalides de :
Bombyx neustria (p. 225-228).

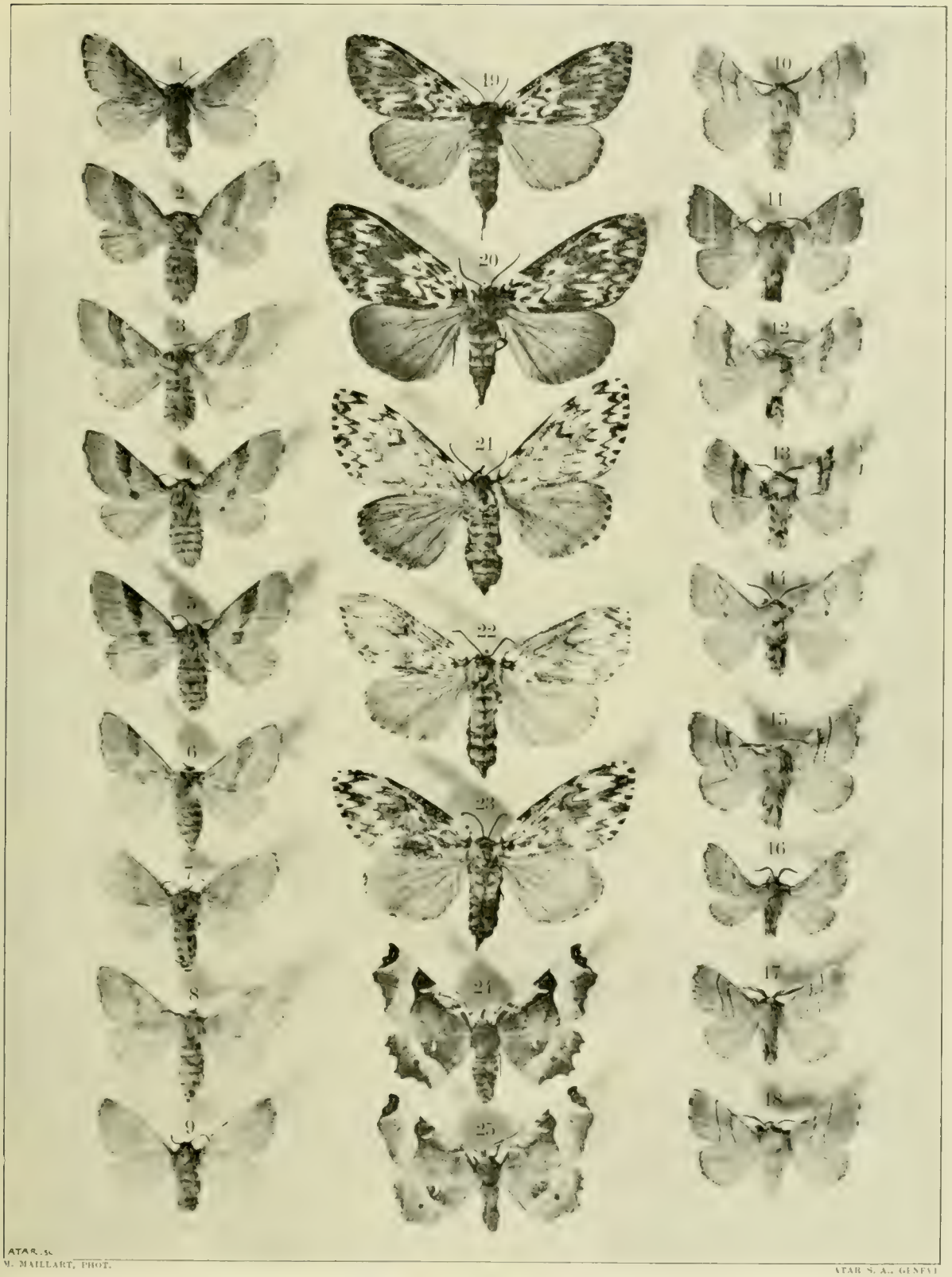
Fig. 1, 2 ♀ individus mélanisants.
Fig. 11, 13 ♂ » »
Fig. 6, 7, 8, 9 ♀ individus albinisants.
Fig. 10, 16, 18 ♂ » »
Fig. 3, 4, 5 ♀ » à la fois mélanisants et albinisants.
Fig. 12, 14, 15, 17 ♂ » » »

Psilura monacha (p. 233-234).

Fig. 19, 20 ♀ ab. *nigra*, individus non modifiés.
Fig. 21, 22 ♀ individus albinisants et transparents.
Fig. 23 ♀ individu albinisant et transparent.

Selenia tetralunaria (p. 230-231).

Fig. 24 individu normal de la génération d'hiver.
Fig. 25 » albinisant (forme de l'été).



ATAR. Sc.
M. MAILLART, PHOT.
ATAR S. A., GENÈVE

Arnold Pictet. Mélanisme et albinisme des Lipidoptères. (Pl. 1)

EXPLICATION DE LA PLANCHE 2

Expériences de température avec les chrysalides de :
Ocneria dispar (p. 236-239).

Fig. 1 ♀ ab. *japonica*, forme à la fois mélanisante et albinisante : élévation de la température.
Fig. 2 ♀ » forme albinisante : élévation de la température.
Fig. 4 ♀ Type, forme mélanisante » »
Fig. 6 ♂ ab. *japonica*, frappé d'albinisme et transparent ; élévation de la température.
Fig. 7 ♂ » » ; élévation de la température.
Fig. 8 ♂ Type, forme à la fois mélanisante et albinisante ; élévation de la température.
Fig. 9 ♂ ab. *japonica*, » » » »
Fig. 3 ♀ Type, forme mélanisante ; abaissement de la température.
Fig. 5 ♀ Type, forme albinisante et transparente » »

Melitæa cinxia (p. 194-196).

Fig. 10 forme à la fois mélanisante et albinisante ; élévation de la température.
Fig. 11 forme albinisante (en dessous) ; élévation de la température.

Vanessa urticæ (p. 205-212).

Fig. 17 ab. *ichnusoides*, forme mélanisante ; élévation de la température.
Fig. 18 ab. *polaris*, » » »
Fig. 15 forme mélanisante ; élévation de la température.
Fig. 14 forme albinisante » »
Fig. 12, 13 et 16 formes à la fois mélanisantes et albinisantes : élévation de la température.

M. MAILLART, PHOT.

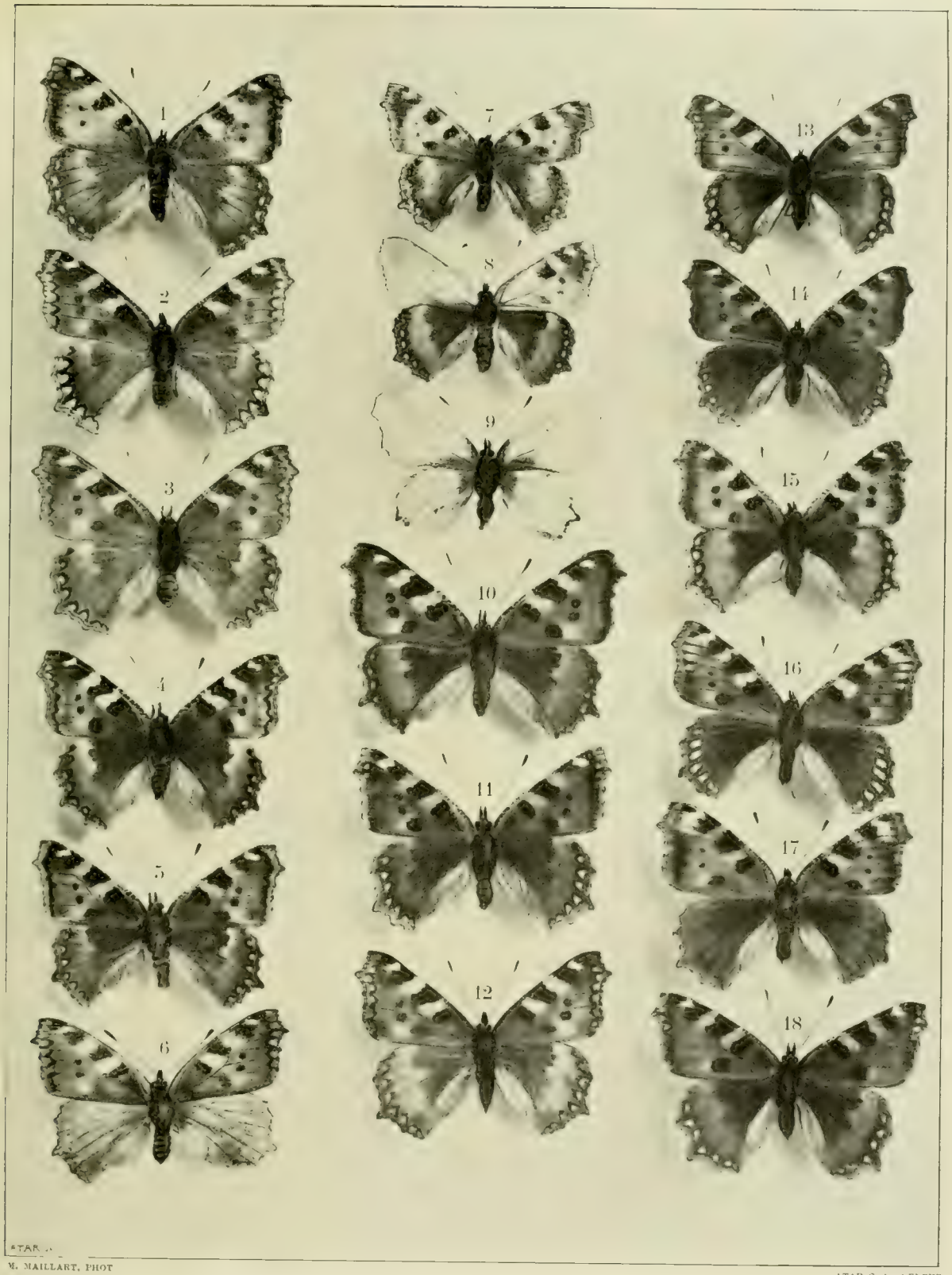
ATAR S. A., GENÈVE

Arnold Pictet. Mélanisme et albinisme des Lipidoptères. (Pl. 2)

EXPLICATION DE LA PLANCHE 3

Expériences de température élevée avec *Vanessa urticæ* (p. 205-212).

Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12 et 15 formes albinisantes, action de la chaleur sur les chrysalides.
Fig. 10, 11, 16 et 17 formes mélanisantes » » »
Fig. 13 et 18 formes à la fois mélanisantes et albinisantes » » »
Fig. 8 forme albinisante : action de la chaleur sur les chenilles.
Fig. 14 » mélanisante » » »
Fig. 7 forme à la fois mélanisante et albinisante : action de la chaleur sur les chenilles.



M. MAILLART, PHOT

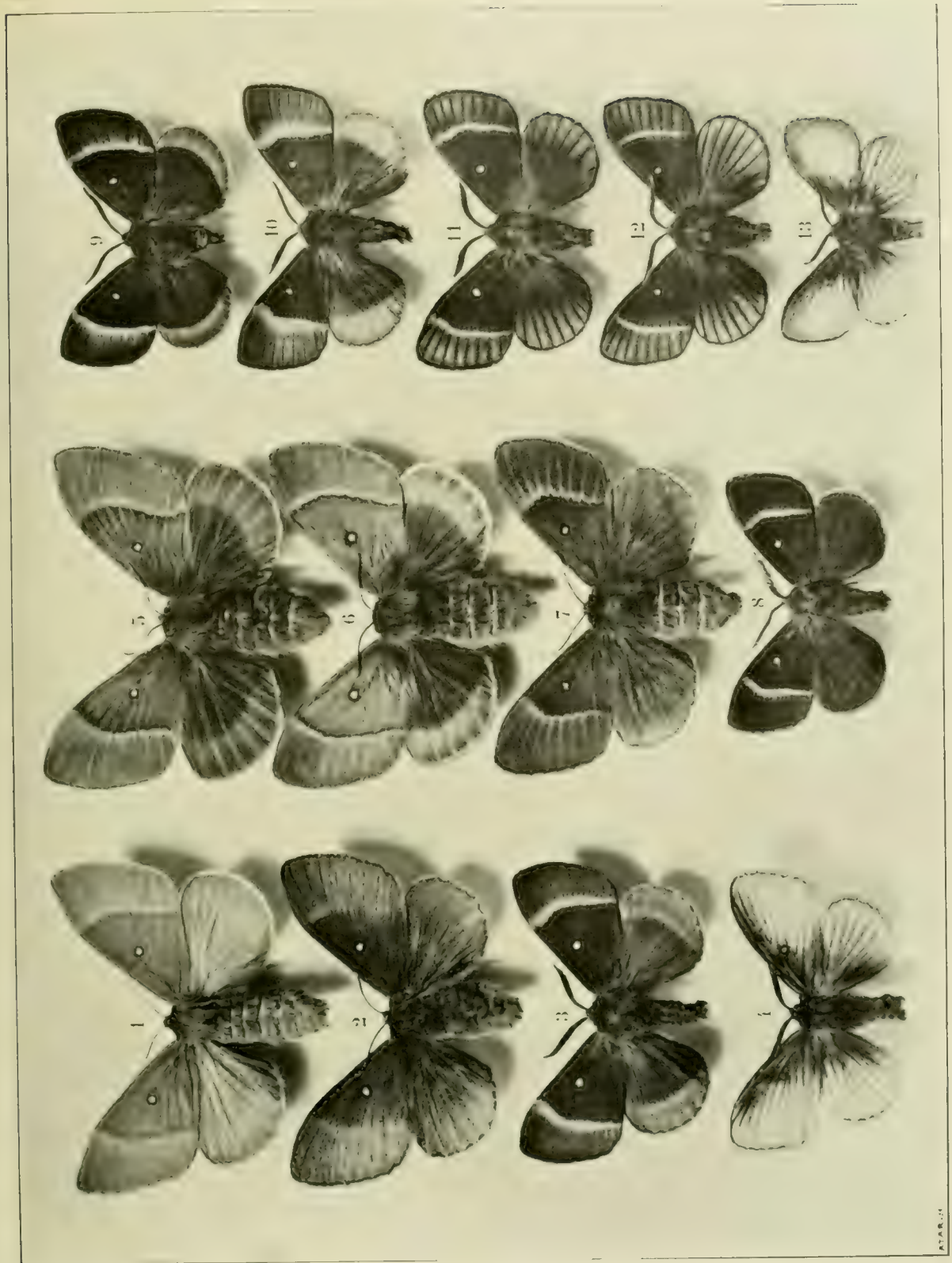
ATAR S. A., GENÈVE

Arnold Pictet. Mélanisme et albinisme des Lipidoptères. (Pl. 3)

EXPLICATION DE LA PLANCHE 4

Expériences de température avec les chenilles et les chrysalides de *Lasiocampa quercus* ab. *spartii* (p. 242-247).

Fig. 1 forme albinisante; abaissement de la température.
Fig. 6 forme à la fois albinisante et mélanisante : abaissement ou élévation de la température.
Fig. 2, 5, 7, 8 et 10 formes mélanisantes; abaissement de la température.
Fig. 9 forme albinisante : élévation de la température.
Fig. 12 forme mélanisante » »
Fig. 3 et 10 formes albinisantes : abaissement de la température.
Fig. 4 forme à la fois mélanisante et albinisante; abaissement de la température.
Fig. 11 et 13 » » élévation de la température.



M. MAILLART, PHOT.

ATAR S. A., GENEVE

Arnold Pictet. Mélanisme et albinisme des Lipidoptères. (Pl. 4)

EXPLICATION DE LA PLANCHE 5

(Gross. × 100)

Fig. 1. A. *Vanessa urticæ*, types d'écailles :
a) taches noires; *b)* centre de l'aile; *c)* tache blanche; *d)* lunules bleues.
B. types d'écailles des mêmes parties chez un individu décoloré par l'action de la chaleur.

Fig. 2. a) *Pieris rapæ* ♂, types d'écailles du centre de l'aile.
b) » albinisant » »

Fig. 3. a) *Pieris brassicæ* ♀, types d'écailles de la tache apicale.
b) » albinisant » »

Fig. 4. a) *Bombyx neustria*, types d'écailles de l'extrémité de l'aile supérieure.
b) » albinisant » » »

Fig. 5. a) *Melitæa aurinia*, type d'écailles de la bande noire du centre de l'aile.
b) » albinisant » » »
c) » mélanisant » » »

Fig. 6. *Lasiocampa quercus* ♀, types d'écailles.
Fig. 7. » » ♂, »
Fig. 8. » » ♂, devenu transparent par abaissement de la température.
Fig. 9. » » ♀, » » »
Fig. 10. » » ♀, devenu transparent par élévation de la température.
Fig. 11. » » ♂, devenu albinisant » »
Fig. 12. » » ♂, devenu mélanisant par abaissement de la température.
Fig. 13. » » ♂, devenu transparent par élévation de la température.
Fig. 14. » » ♀, devenu mélanisant par abaissement de la température.
Fig. 15. » » ♀, devenu albinisant » »

Fig. 16. *Parnassius apollo* (en haut), types d'écailles du centre de l'aile
(en bas), types d'écailles de l'extrémité de l'aile.

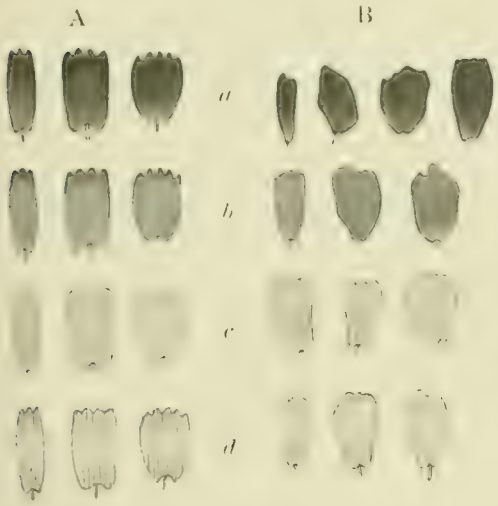


Fig. 1

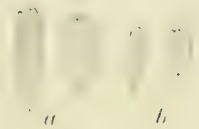


Fig. 2

Fig. 3

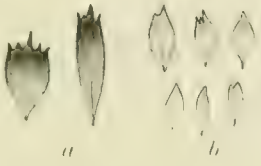


Fig. 4

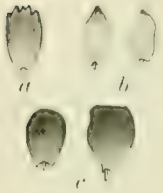


Fig. 5

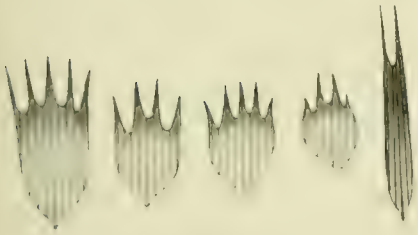


Fig. 6

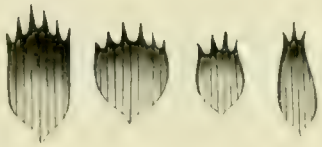


Fig. 7

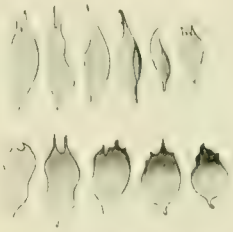


Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

Fig. 12

Fig. 13

Fig. 14

Fig. 15

Fig. 16

ARNOLD PICTET, DEL

ATAR S. A., GENÈVE

Arnold Pictet. Mélanisme et albinisme des Lipidoptères. (Pl. 5)

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de deux collections complètes de ses *Mémoires.* (Tomes 1-36 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. : au Museum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXVIII (1884-1911). Prix Fr. 25

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896) Prix . . . . . Fr. 4

Imprimerie Albert Kundig, Genève.

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Volume 37

Fascicule 4. — (Juillet et décembre 1913)

Rapport du président de la Société pour 1912.
Monographie géologique et paléontologique du Salève (Hte-Savoie, France).

par MM. Etienne JOUKOWSKY et Jules FAVRE

Avec une carte géologique en couleurs, 29 planches et 56 fig. dans le texte.

GENÈVE
GEORG & Cie
BALE et LYON même maison.

PARIS
G. FISCHBACHER
33, rue de Seine.

TABLE DES MATIÈRES

DU

FASCICULE 4, VOLUME 37

Pages

Rapport du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour 1912, par M. Maurice Gautier, Dr ès sciences. 279

Monographie géologique et paléontologique du Salève (Hte-Savoie, France), par par MM. Etienne Joukowsky et Jules Favre, avec une carte géographique en couleurs et 56 figures dans le texte 295

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1912

PAR

M. Maurice GAUTIER, Dr ès sciences

Monsieur le Président,
Messieurs et chers Collègues.

Les importants événements politiques qui se sont produits pendant l'année qui vient de s'écouler n'ont heureusement pas eu de contre-coup sur notre société; son activité n'a été troublée ni par la guerre d'Orient, ni par le récent conflit universitaire.

J'ai donc la satisfaction de constater, au début de mon rapport, que, comme par le passé, notre vénérable association a continué en 1912 à produire un travail utile et fécond.

Avant de vous rappeler, suivant l'usage, quelle fut l'activité déployée à la Société de Physique et d'Histoire naturelle depuis l'exposé de mon prédécesseur,

permettez-moi de mentionner tout d'abord quels sont les vides qui se sont produits dans nos rangs. Nous avons perdu le professeur François Forel et M. Samuel Hubbard Scudder, membres honoraires, le professeur Henri Dor, membre émérite, et M. Aloïs Naville, membre associé libre. Nous reviendrons tout à l'heure sur la vie et les travaux de ces amis disparus.

Voici maintenant les faits d'ordre administratif que j'ai à vous signaler :

Dans la séance générale de janvier 1912 vous avez nommé à la Vice-Présidence M. le Dr Aug.-E. Bonna, vous avez confirmé M. le Dr Arnold Pictet dans ses fonctions de trésorier, fonctions qu'il remplit depuis longtemps avec compétence et avec zèle, vous avez enfin désigné MM. E. Chaix et le Dr Ch. Du Bois, pour compléter le comité de publication.

La liste de nos membres ordinaires n'a pas subi de grandes modifications cette année; nous avons reçu M. le Dr André Chaix, un jeune géographe appelé à suivre les traces de ses grand-père et père; mais, d'autre part, M. le Dr Léon-W. Collet, actuellement directeur du bureau hydrographique fédéral et M. A. Delebecque qui a quitté Genève, ont passé de la catégorie des membres ordinaires dans celle des membres émérites. — Deux des plus illustres représentants de la science chimique italienne, MM. les Prof. Ciamician et Paternò ont été inscrits parmi nos membres honoraires.

Je dois encore vous rappeler la modification que nous avons apportée à notre règlement, modification d'après laquelle les premières séances des mois de janvier et d'avril ont été rendues facultatives; il leur sera appliqué dorénavant le régime déjà en vigueur pour les réunions d'août et de septembre; j'ajoute que l'essai fait depuis quelque temps de convoquer nos séances à huit heures et demie, semble avoir satisfait la plupart d'entre nous.

Le dépôt de nos Mémoires n'avait jamais été assuré; le comité a chargé notre vice-président, M. Bonna, de suivre cette affaire, et nous avons contracté un engagement de 5 ans avec la Société Suisse pour l'assurance du mobilier. Nos collègues MM. L. Perrot et Weber, ont bien voulu faire, à cette occasion, le classement de notre collection des Mémoires; nous leur exprimons ici nos sincères remerciements.

Vous entendrez tout à l'heure le rapport de notre secrétaire correspondant; nos publications pour 1912 se bornent à la brochure annuelle de Comptes-Rendus et au 3me fascicule du volume 38 de nos Mémoires; ce fascicule contient, avec quelques documents administratifs, un mémoire de M. Arnold Pictet « sur l'Albinisme et le Mélanisme chez les Lépidoptères ». Nous avons aussi accepté l'échange de publications avec le Königliches Zoologisches Museum de Berlin et la Société de Physique de Buenos-Ayres.

Quant à nos relations avec d'autres sociétés, elles ont été les suivantes :

La Société Vaudoise des Sciences Naturelles nous a envoyé une invitation pour sa séance générale, mais celle-ci nous est malheureusement parvenue très tardivement et nous n'avons pu nous faire représenter que par une dépêche. C'est encore par un télégramme que nous nous sommes associés à la fête du cinquantenaire de doctorat de notre honoraire, M. le Prof. C. Græbe.

M. Arnold Pictet a été notre délégué au congrès d'anthropologie et d'archéologie préhistorique qui a eu lieu à Genève au mois de septembre; à la même époque vos Président et Vice-Président représentaient la section de Genève à la réunion des délégués de la Société Helvétique des Sciences Naturelles à Altdorf. Nous avons aussi été invités à assister à l'inauguration de l'Ecole des sciences de l'Education, et à une séance organisée par la Société de Géographie en l'honneur de l'explorateur Amundsen.

Voici maintenant les invitations que nous ont adressé les Sociétés étrangères :

Centenaire de l'Académie des Sciences de Philadelphie. .

Inauguration de « The Rice Institute » à Houston (Texas).

Cinquantenaire du Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark, à Gratz.

5me Congrès International de Pathologie comparée (Paris).

6me Congrès International d'Electrologie et de Radiologie générales et médicales (Prague).

Il me reste à remercier MM. Duparc et Monnier, F. Reverdin et H. Blanc, Prof. à Lausanne, qui nous ont fait don de livres et de cartes.

NOTICES BIOGRAPHIQUES

LE PROF. HENRI DOR

Peu d'entre nous, sans doute, connaissaient le Prof. Henri Dor qui est décédé à Lyon le 28 octobre dernier; il avait pourtant fait partie de notre Société comme membre ordinaire. Appelé à venir à Genève une fois par semaine pour exercer sa profession de médecin oculiste, à une époque où aucun spécialiste de ce genre ne résidait parmi nos concitoyens, Dor, qui joignait à un remarquable talent de praticien, le caractère d'un savant, était entré à la Société de Physique en 1862.

Pendant les quelque douze années qu'il fréquenta les réunions de notre Société, le Professeur Dor apporta régulièrement sa contribution au travail scientifique de notre association; il fit beaucoup de communications et de rapports, principalement sur des sujets d'ophtalmologie et de matière médicale. Après son départ pour Lyon, il fut inscrit dans la classe de nos membres émérites.

Henri Dor, né à Vevey le 4 octobre 1835, était le fils du pasteur Louis Dor, directeur du collège de cette ville. Après avoir suivi les classes de l'établissement dont son père était le directeur, Dor fit ses études médicales à Zurich, puis à Vienne et à Edimbourg. La remarquable invention de l'ophtalmoscope, faite alors par Helmholtz, qui ouvrait des horizons nouveaux dans l'étude des maladies des yeux, et l'influence du Professeur de Graefe déterminèrent le jeune vaudois à se vouer à l'oculistique; il se mêla à la phalange enthousiaste des étudiants qui entourèrent le jeune et génial maître de Berlin, et, sur le conseil de ce dernier, il alla terminer ses études chez Donders à Utrecht et chez Virchow à Würzbourg; il fut encore l'élève des facultés de Lyon et de Paris.

Je voudrais citer ici quelques lignes écrites par Dor dans la brochure de son jubilé et qui sont relatives à la fin de ses études.

« J'étais à Utrecht depuis trois mois lorsque je fus rappelé à Berlin par une aimable lettre de de Graefe m'annonçant qu'il avait invité pour trois semaines ses anciens assistants, pour leur exposer les progrès de l'oculistique dans les dernières années. Il va sans dire que j'acceptai avec enthousiasme. Je trouvai à Berlin von Zehender, Liebreich, Schweigger, Mooren, Horner, Jakobson, Pagenstecher, von Welz, Saemisch, W. Hess, Michaelis, Bänziger, Leber, etc.

Nous passions nos journées à la clinique de de Graefe, où nous devions chacun examiner et présenter quelques malades, et les cours avaient lieu tous les soirs, toujours dans un endroit différent afin que de Graefe ne put être dérangé par les appels de sa clientèle. Nous recevions, par exemple, un billet « ce soir à 8 heures au Capkeller » un des restaurants souterrains de Berlin, où une chambre nous était réservée. Graefe choisissait un sujet, nous l'exposait, on discutait pendant une ou deux heures. Le lendemain c'était à Charlottenbourg; il n'y avait ni chemin de fer, ni tramway, nous faisions le trajet en voiture. »

Cette réunion d'anciens élèves se tint par la suite à Heidelberg et devint l'origine de la Société d'ophtalmologie fondée en 1863. Chaque été, les oculistes qui ont conservé cette tradition, se donnent rendez-vous dans la ville universitaire badoise. Dor avait assisté 37 fois à la réunion d'Heidelberg.

L'ancien assistant de Berlin s'établit à Vevey comme oculiste en 1860; son importante production scientifique ne tarda pas à le faire connaître et il fut nommé en 1867 à la chaire d'ophtalmologie de l'université de Berne. Bientôt doyen de la faculté de médecine, puis Recteur de l'université, le Professeur Dor apporta tous ses soins au développement et à l'amélioration de ses cliniques; ses absorbantes occupations ne l'empêchèrent pas d'accepter la direction de la deuxième ambulance organisée à Berne pour porter des soins aux blessés de l'armée de Bourbaki.

C'est en 1876 que le Dr Dor quitta Berne pour aller se fixer à Lyon, ville dans laquelle il établit promptement sa réputation et eut bientôt une importante clinique particulière; son activité médicale lui permit cependant de publier un grand nombre de mémoires pendant le long séjour qu'il fit dans cette ville. C'est à Lyon qu'il dirigea pendant trente et un ans la rédaction de la *Revue générale d'ophtalmologie*, dont il fut le fondateur et qui est destinée à résumer les principaux travaux d'ophtalmologie de tous les pays.

Très connu dans le monde des oculistes le Dr Dor avait aussi contribué à fonder la Société française d'ophtalmologie, en 1883. Au commencement de 1912 les amis et les admirateurs de ce remarquable médecin s'étaient groupés autour de lui pour fêter ses 76 ans et avaient organisé un jubilé en son honneur, une courte maladie l'a enlevé à l'affection des siens quelques mois après.

F.-A. FOREL

J'aurais voulu qu'une plume plus habile que la mienne traçat ici le portrait de notre regretté membre honoraire François-A. Forel, dont la figure était si familière parmi nous.

L'amitié qui l'unissait à beaucoup de membres de notre Société, le caractère essentiellement national de ses travaux et la proximité de sa demeure de l'Abbaye, l'avaient fait presque des nôtres.

De longue date, il était l'hôte de nos réunions du jeudi; et, lorsqu'une de ses observations lui semblait de nature à intéresser ses amis de Genève, il ne manquait pas de venir leur en faire part. Sa présence à l'Athénée était presque toujours marquée par une intéressante communication. Forel excellait, du reste, à parler ainsi devant quelques amis, il savait intéresser chacun de ses auditeurs au sujet qu'il développait; ses intonations, ses gestes même étaient empreints d'une certaine bonhomie, d'un « je ne sais quoi » qui frappait. Qu'il parlât des glaciers, des seiches, des tremblements de terre, c'était toujours la même logique dans l'exposé, la même clarté, le même entrain juvénile.

Quoique ses visites fussent devenues moins fréquentes dans ces dernières années, nous l'avions encore entendu à la séance du 5 mars 1908; il nous avait parlé des relations que l'on peut observer entre les variations météorologiques et les variations des glaciers; puis, le même jour, il nous avait montré les originaux de belles planches en couleurs, utilisées autrefois par Jurine. Poussé par son penchant pour l'histoire, Forel avait cherché à déterminer quel avait été l'auteur de ces dessins; il croyait pouvoir les attribuer à la fille du savant genevois. Le nom de Forel figure encore parmi ceux des assistants à la séance du 5 novembre de la même année; il est mentionné pour la dernière fois sur nos registres à la date du 20 avril 1911; ce soir-là, il avait apporté en don à notre observatoire, les cahiers d'observations météorologiques de Charles de Lubières.

Permettez-moi, Messieurs, de vous rappeler brièvement quelles furent les principales étapes de la carrière de notre éminent compatriote.

Elevé à Morges, où il était né le 2 février 1841, Forel fit ses études à Genève d'abord, puis à Montpellier. Après avoir passé sa licence ès sciences naturelles dans cette dernière ville, le jeune naturaliste se rendit à Würzbourg; c'est là qu'il

fut reçu Dr en médecine (1867), et qu'il occupa pendant plusieurs semestres la place d'assistant d'anatomie. Rentré à Morges en 1870, Forel ne cessa dès lors de résider dans cette petite ville à laquelle il était profondément attaché, et dont il fut, pendant plus de quarante ans, l'un des conseillers communaux. Ce fut, je crois, avec un court passage au Grand Conseil vaudois (1870-1874), le seul acte de sa carrière politique.

L'Académie de Lausanne l'avait appelé en 1870 à occuper la chaire d'anatomie et de physiologie, il resta en fonctions jusqu'en 1895 et ne démissionna que pour pouvoir se consacrer entièrement à ses travaux personnels.

Forel portait le plus vif intérêt à tout ce qui concerne le progrès des sciences en Suisse, il présida pendant de longues années la commission fédérale des examens de maturité; son influence était grande au sein de la Société Vaudoise des Sciences naturelles; la Société Helvétique des Sciences naturelles a perdu, en lui, non seulement un ancien Président central, mais encore le plus assidu et le plus écouté de ses membres. L'auteur du « Léman » était aussi très attaché à la Société Vaudoise d'Histoire et d'Archéologie dont il était membre fondateur.

La liste des publications de Forel comprend environ 250 travaux. Il déploya durant toute sa vie une incroyable activité et la dépensa à résoudre des problèmes si divers, qu'il contribua à l'avancement de la plupart des sciences. Son immense savoir lui a permis de publier des notes de zoologie, de géographie, d'hydrographie, de météorologie, de physique, d'archéologie même, sans que l'on puisse remarquer le moindre défaut d'unité dans son œuvre si complexe. L'on peut affirmer au contraire que les travaux de Forel aboutissent, dans leur ensemble, à son grand ouvrage sur « le Léman », dont les 3 volumes parurent de 1892 à 1904. L'auteur a réuni dans ce livre, ou plutôt dans cette monographie magistrale, toutes les observations qu'il avait faites sur le lac, qu'il admirait tant et qu'il connaissait mieux qu'aucun autre.

A plusieurs reprises le savant de l'Abbaye fut appelé à mettre son expérience au service de ses compatriotes; c'est ainsi qu'il découvrit la cause du typhus qui décimait les perches du lac (1868), qu'il fut le premier à signaler le danger de l'invasion phylloxérique et à rechercher les moyens de la combattre (1875). Citons encore les services qu'il a rendus en collectionnant sans trêve les observations faites en Suisse sur les tremblements de terre, et en visitant chaque été un certain nombre de glaciers dont il mesurait avec soin les variations.

Les travaux publiés par Forel sur la faune profonde du lac Léman (1869-1874) sont devenus classiques; non moins connus sont ceux qu'il fit paraître sur le lac de Joux (1897) et l'entonnoir de Bon Port (1893-1894). Le naturaliste vaudois fut encore un novateur dans l'étude des seiches dont il était l'observateur atten-

tif; on sait qu'il a publié sur ce sujet un grand nombre de mémoires (1874-1890) et qu'il a su discerner les différentes variétés de ce curieux phénomène.

Considéré en Europe comme le fondateur de la science des lacs, comme le premier limnologiste, Forel faisait partie de la commission pour l'étude scientifique du lac de Constance; la Suisse l'avait aussi délégué à la commission internationale de sismologie à Strasbourg.

Quoique sa popularité fut grande dans le canton de Vaud, l'auteur du « Léman » était surtout connu du public par les notes qu'il rédigeait sur l'avancement de l'année et que reproduisaient presque tous les journaux.

L'on rencontrait souvent Forel à Genève où il ne comptait que des amis, et où il venait participer à chaque congrès. L'éminent naturaliste devenait alors, pendant la promenade classique sur le lac, le mentor éclairé des congressistes étrangers; toujours prêt à obliger autrui et à mettre sa vaste érudition au service des autres, il présentait à nos hôtes la nappe bleue du lac et son cadre admirable, comme l'aurait fait un directeur de musée montrant les trésors de ses collections à des visiteurs de distinction.

Le savant remarquable dont nous venons de retracer la physionomie, s'est éteint à l'Abbaye dans la nuit du 7 au 8 août 1912; sa mort a été une perte immense pour notre pays.

Que la Société de physique envoie encore un hommage de reconnaissance à la mémoire de ce collègue, qui était son fidèle membre honoraire depuis 1874, et qui a rendu de si grands services à la Suisse et à notre vieille cité de Genève.

SAMUEL HUBBARD SCUDDER

La science américaine a fait une grande perte en la personne du naturaliste Samuel H. Scudder, décédé le 17 mai 1911.

Ce savant modeste, qui ne fut jamais titulaire d'une chaire académique, a cependant grandement contribué à l'avancement de la science entomologique, soit par la valeur de ses travaux, soit aussi par le talent qu'il posséda de créer des organisations et des publications scientifiques.

Il était né à Boston le 13 avril 1837, et appartenait à une famille dès longtemps fixée à Barnstable, sur la Cape Cod bay. Elève de l'école latine de Boston, puis du Williams Collège de sa ville natale, il suivit régulièrement les classes de cette

institution jusqu'en 1857. C'est pendant les années de collège de Scudder que se manifestèrent, chez lui, les premiers indices de sa vocation de naturaliste. A côté des encouragements qu'il reçut alors de plusieurs de ses maîtres, il fut poussé dans cette voie par son entrée dans la société du « Lyceum of Natural history ». Ce groupement, dont Scudder fréquentait assidûment le musée et la bibliothèque, avait comme but de réunir les élèves spécialement doués pour l'histoire naturelle et de mettre leurs jeunes travaux sous la direction de personnes compétentes; les séances du lyceum exercèrent une influence décisive sur le jeune collégien, et ce fut sous les auspices de cette Société que parut son premier travail. Les membres du Lyceum ayant en effet décidé de faire paraître un catalogue de la faune locale, Scudder fut chargé de dresser la liste des mollusques. Sorti à vingt ans du collège, le jeune entomologiste se rendit à Cambridge, et alla se mettre à bonne école dans le laboratoire de Louis Agassiz, alors à l'apogée de sa renommée comme savant et comme maître.

Promu « bachelor of Science from the Lawrence Scientific School of Harward en 1862, Scudder devint ensuite l'assistant d'Agassiz et ne quitta ce dernier qu'en 1864 pour prendre les fonctions de « Custodian of the Boston Society of Natural history ». Resté sans position officielle de 1870 à 1879, il fut nommé à cette dernière date « assistant librarian of Harward University », et conserva ce poste jusqu'en 1882; enfin, il fut attaché de 1886 à 1892 au U. S. Geological Survey comme paléontologiste chargé spécialement de l'étude des insectes fossiles.

Dès lors il n'accepta plus aucune fonction publique et vécut au milieu des belles collections qu'il avait réunies et pour lesquelles il avait fait construire une maison spéciale attenante à la sienne.

Habile organisateur, convaincu des avantages que présentent les groupements d'hommes lorsqu'ils travaillent à un même but, Scudder sut faire aboutir plusieurs œuvres collectives importantes; c'est ainsi qu'il fut non seulement l'âme du Cambridge entomological Club et du journal publié par cette association, mais encore qu'il prit une part prépondérante à l'organisation de l'Appalachian Mountain Club et à la fondation du Boston Naturalists Club.

La personnalité de Scudder était intéressante et attirante à la fois, sa nature bienveillante le portait à prodiguer sans compter son temps et ses conseils pour les plus jeunes que lui, ou pour les débutants. Sa carrière fut malheureusement assombrie par de grands chagrins domestiques; resté veuf avec un seul enfant il eut la douleur de perdre ce fils unique alors sur le point de terminer des études médicales brillamment commencées.

En 1896 survinrent les premiers symptômes du mal qui devait, peu à peu, avoir raison de sa santé; supportant avec sérénité le chagrin de devoir abandonner

ses chers travaux, Scudder fit don de ses collections et de ses livres à différents instituts et sociétés de Cambridge et de Boston, et attendit avec patience que la mort vint mettre un terme à ses souffrances.

Scudder a publié un nombre considérable de travaux dans le domaine de l'entomologie. La lépidoptérologie lui doit un ouvrage magistral « The butterflies of eastern United States and Canada », paru en 1889, dans lequel il a résumé les observations faites pendant 30 ans sur les papillons de son pays. Citons encore : A Spread of a Butterfly in the new Region. — The life of a Butterfly (1893), courte monographie d'*Anosia plexippus*.

Le jeune savant de Cambridge avait déjà rédigé en 1868 un catalogue des orthoptères de l'Amérique du Nord décrits avant 1867; il reprit de 1891 à 1901 l'étude de cet ordre d'insectes, sur lequel il a publié environ 70 mémoires; son activité des années 1880-1890 fut principalement absorbée par l'étude des insectes fossiles; elle est résumée dans un important ouvrage intitulé : The tertiary Insects of North America (1890).

Si Scudder a peu publié en dehors de ses travaux spéciaux, citons comme ayant un intérêt plus général : Catalogue of Scientific Serials (1879) et Nomenclator Zoologicus (1884).

Entré en relations avec les naturalistes genevois, il fut surtout l'ami et le correspondant d'Henri de Saussure. Notre Société lui avait décerné le titre de membre honoraire en 1872.

Avant de résumer les travaux qui ont été présentés à la Société de physique et d'histoire naturelle en 1912, qu'il me soit permis de rappeler ici la figure amie de notre membre associé *Aloïs Naville*. Il avait été appelé autrefois à diriger d'importantes exploitations agricoles et fut un des premiers à préconiser l'emploi de l'azote atmosphérique à la production des engrais artificiels. Cet ami des arts et des sciences était toujours prêt à encourager et à soutenir les entreprises utiles, sa mort a causé des regrets unanimes.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DE LA SOCIÉTÉ

Dans les 14 séances que nous avons tenues en 1912 nous avons entendu les communications suivantes :

Astronomie. Géographie physique.

M. E. Chaix a pu observer les durées et les intervalles d'explosions de deux petits geysers, lors d'une excursion qu'il a faite cet été au Parc de Yellowstone. Au premier abord, les deux geysers semblaient étrangers l'un à l'autre, mais les observations ont montré l'existence d'une relation étroite entre leurs périodes. M. Chaix croit que l'administration du Parc de Yellowstone rendrait un grand service en faisant faire, par les gardiens, de petites séries synchroniques d'observations chronométrées.

M. Léon-W. Collet nous a parlé en son nom et au nom de MM. R. Mellet et O. Lütschg de l'application de la méthode par titration de chlorure sodique au jaugeage du débit des turbines ; il nous a encore décrit les premiers essais comparatifs effectués à l'usine de l'Ackersand. Le service hydrographique fédéral a déjà fait jauger, par cette méthode, la Morge (Valais) et la Salanfe (Valais); il a aussi fait étudier les limites dans lesquelles ce procédé est applicable.

M. le Prof. R. Gautier nous a présenté, au nom de M. Schaer, quelques photographies d'un nouveau télescope Cassegrain d'un type relativement court, mais d'un mètre de diamètre. Cet instrument a pu être installé dans différentes localités de notre canton et a rendu des services dans les essais qui ont été faits en vue de fixer l'emplacement du futur observatoire.

Le même nous a donné quelques renseignements sur les résultats obtenus à Genève lors de l'observation de l'éclipse solaire du 17 avril; il nous a expliqué, à cette occasion, les documents photographiques relevés à l'observatoire durant ce phénomène.

Physique. Chimie.

M. G. BAUME nous a décrit une première série de recherches qu'il a faites en collaboration avec M. Basadonna, sur la cémentation du fer par divers gaz et mélanges de gaz carbonés. Les auteurs ont pu, par l'emploi de la métallographie, établir les courbes expérimentales de pénétration du carbone dans le fer, dans leurs expériences, courbes dont la forme peut être prévue théoriquement dans les divers cas étudiés.

M. BRINER nous a parlé de la dissociation des molécules en atomes, qui permet d'expliquer comment certains corps endothermiques deviennent exothermiques à température élevée.

M. DURAND en son nom et au nom de M. Briner a communiqué les résultats d'un travail concernant les systèmes obtenus à partir des oxydes d'azote et de l'eau. Toutes les réactions dont ces systèmes sont le siège sont réversibles, et il y a lieu de leur appliquer les relations de la mécanique chimique.

M. le Prof. CHODAT nous a montré un nouveau réactif des protéïnes qu'il désigne sous le nom de p-crésoltyrosinase et qui agit en présence des acides amidés. Ces derniers ne doivent pas être envisagés comme catalyseurs car ils participent réellement à l'action chimique ; une coloration rouge et un pigment bleu avec fort dichroïsme caractérisent cette réaction qui peut être obtenue avec de nombreux phénols.

M. CARDOSO continuant ses recherches sur l'équation des fluides et la loi du diamètre, indique une méthode permettant de calculer les fonctions $\frac{d_1 + d_3}{2} = \varphi(t)$ et $d_2 = \varphi(t)$ à partir de l'équation de van der Waals. Il donne ensuite une notion de la troisième phase permettant d'expliquer les phénomènes du retard et la courbure du diamètre au voisinage du point critique.

M. le Prof. DUPARC a expliqué à la Société un nouveau procédé qu'il utilise pour séparer le fer et le cuivre d'avec le palladium ; il nous a parlé aussi de la titration du fer en présence d'acide phosphorique.

Le même auteur a étudié avec M. ZITKIEWITZ l'oxydation de la solution de chlorure stanneux par l'air.

M. le Prof. C.-E. GUYE nous a rappelé les travaux de Pierre Prevost sur l'équilibre mobile de la température, et a fait ressortir l'influence que la théorie de ce savant genevois a exercé sur l'orientation de la physique moderne.

Le même nous a rendu compte d'un travail fait avec M. BERCHTEN sur le frottement intérieur du cuivre à haute température. Les auteurs ont prouvé que l'amortissement et peut-être la courbe de déformation sont indépendants de la durée de la période et qu'il y a quelque analogie entre les cycles dus au frottement intérieur et les cycles d'aimantation.

Le même a exposé les résultats de ses recherches sur le frottement intérieur des solides aux basses températures et les phénomènes irréversibles dans le voisinage du zéro absolu. Le frottement intérieur des solides diminue beaucoup avec un abaissement de la température; il semble qu'au zéro absolu les phénomènes thermiques irréversibles soient impossibles et que les forces moléculaires deviennent indépendantes des variations de température.

M. F.-Louis PERROT nous a décrit la méthode qu'il a employée dans le but de vérifier le poids atomique du chlore; cette méthode repose sur la combinaison de l'acide chlorhydrique gazeux avec un poids connu d'ammoniaque liquide. (Travail fait en collaboration avec M. le Dr BAUME).

M. L. DE LA RIVE nous a présenté un travail sur l'équivalence de la force de Laplace due au mouvement de l'électron dans un champ magnétique uniforme, et la force centrifuge composée. On peut identifier ces deux forces dans un système d'axes à disposition directe, si le facteur constant e^{II}/m est rendu égal à la vitesse angulaire 2 W. L'auteur a tiré de cette observation de nouveaux aperçus sur les conditions cinématiques de la molécule dues au courant et au magnétisme d'un pôle.

Le même a démontré géométriquement que la trajectoire circulaire de l'électron dans un champ magnétique devient une ellipse; cette démonstration peut être obtenue si l'on considère qu'un point lié à un cercle roulant dans l'intérieur d'un cercle de rayon double, devient une ellipse.

M. SCHIDLOF nous a entretenus d'un travail qu'il a fait en collaboration avec Mlle CHAMIÉ sur la mesure de l'hystérésis magnétique et de ses variations en fonction de la fréquence.

M. TOMMASINA nous a fait une communication sur le rôle de l'éther en physique d'après les travaux de Walther Ritz. L'acceptation par ce dernier d'une théorie émanative de la lumière ne fait que confirmer l'existence de l'éther, car il est le produit constant et continu remplissant l'espace.

Le même nous a parlé des travaux qu'il poursuit en collaboration avec M. Ed. SARASIN sur les modifications que subissent les courants d'ions selon le signe de leur charge, selon les écrans qu'ils traversent et selon les variations de température.

Le même a établi un parallèle entre la théorie électrique de la gravitation définie par Walther Ritz et sa propre théorie électromagnétique.

Le même nous a donné lecture d'une Note sur les conclusions de Ritz relatives à la théorie de la gravitation.

Le même nous a présenté un mémoire sur la nature de la pesanteur et sur la mécanique des points matériels; dans ce travail l'auteur se base sur la considération que l'hypothèse mécanique des points matériels ne permet d'admettre aucune émanation autour d'eux.

Le même nous a fait part d'un travail sur les notions boussinesquiennes d'existence pleine et d'existence infiniment atténuée transportées du point matériel à l'électron.

Le même nous a encore lu quelques pages traitant de la physique électronique et des trois modes d'existence de l'électron. La théorie électronique comprend, en réalité, trois théories différentes ayant chacune un champ spécial; à savoir : les radiations, l'électricité et la matière.

Le même nous a exposé ses idées sur la conductibilité électrique des métaux; la théorie actuelle du mouvement libre des centres électriques dans les métaux est basée sur un phénomène secondaire, tandis qu'elle devrait prendre comme point de départ le phénomène qui réside dans le milieu électromagnétique actif et moteur.

Géologie. Minéralogie. Paléontologie.

M. A. Brun nous a parlé de la cristallisation des silicates aluminoalcalins et de la formation des Albites et Anorthoses; ces minéraux ont été obtenus synthétiquement.

Le même auteur a démontré que la genèse de la Tridymite dans les laves ne demande pas d'autres conditions que celles prévues dans les volcans d'après sa théorie.

M. A. Brun a repris l'étude de la transformation du verre de silice fondue en cristaux. Un échauffement prolongé à 1600 degrés a conduit à un corps différent de la Cristobalite naturelle et à une variété minérale dont les caractères optiques sont voisins de ceux du Quartz.

M. le Prof. Duparc nous a fait une communication sur la géologie de la Sisserskaya Datcha et les gisements de cuivre qu'il a visités dans cette région.

Le même nous a communiqué les résultats de ses recherches sur quelques minéraux rares provenant de Madagascar.

M. François Favre nous a entretenus des observations qu'il a faites sur les différentes espèces d'*Oppelia* représentées dans le Jurassique moyen, et nous a montré les rapports philétiques de ces espèces entre elles.

M. Jules FAVRE nous a décrit la tectonique de la partie orientale du Salève; les traits les plus caractéristiques de cette région sont les décrochements, la chaîne ayant été rompue en sept tronçons par des déplacements horizontaux. Cette communication représente une partie de l'important travail de MM. Joukowsky et J. Favre sur le Salève, travail qui paraîtra prochainement dans nos Mémoires.

Botanique. Zoologie.

M. BERNARD nous a résumé les résultats de ses travaux sur les Phanérogames Saprophytes de Java, végétaux caractérisés par les dimensions considérables qu'offrent leurs organes souterrains par rapport à celles de leurs organes aériens.

M. John BRIQUET nous a donné l'explication des limites géobotaniques du Jura méridional et de la séparation de cette région en différents secteurs ayant chacun ses caractères particuliers.

Il résulte d'autres observations faites par M. Briquet en Corse et en Savoie, que le Buis doit être rangé parmi les plantes dont les graines sont disséminées par les fourmis.

Le même auteur nous a fait encore un exposé de ses recherches sur les Capparidacées à fruits vésiculeux. Les deux genres Isomeris (Californie) et Buhsea (Mésopotamie et Perse) qui possèdent des fruits de cette espèce, présentent certaines convergences remarquables, sans avoir entre eux d'affinités étroites.

M. KARL nous a apporté quelques exemplaires d'un crustacé très rare, l'*Apus cancriformis;* ces animaux ont été trouvés sur territoire français à proximité immédiate de la frontière suisse. Cette espèce apparaît lorsqu'une période humide succède à une saison sèche; elle n'a été signalée en Suisse qu'une seule fois.

M. le Prof. E. YUNG nous a décrit l'œil des Gastéropodes terrestres et nous a fait connaître la cause probable qui produit son insensibilé à la lumière. Cette cause réside dans une discontinuité entre les fibrilles du nerf optique et les prétendues cellules rétiniennes.

Le même nous a exposé un curieux cas de désagrégation ou plutôt d'explosion chez les Infusoires inanitiés. Il semble que ces derniers contiennent un trichoplasme qui produit l'explosion de l'animal, quand il entre en contact avec l'eau.

Physiologie. Psychologie.

M. Battelli et Mlle Stern ont étudié l'oxydation de la p-phénylènediamine par les tissus animaux. Ce sont les muscles rouges, le rein et le cerveau qui ont le pouvoir oxydant le plus fort. Le catalyseur oxydant de cette réaction est détruit par un traitement à l'alcool et fortement affaibli par l'action des ferments pancréatiques; il ne peut être assimilé aux polyphénoloxydases.

M. le Prof. Ed. Claparède nous a entretenus de l'application du calcul des corrélations à la psychologie. Il propose pour la mesure de divers processus psychiques une méthode dite « méthode d'ordonnance », consistant à faire classer, par le sujet, une série d'objets susceptibles d'une classification sérielle objective connue de l'expérimentateur, et à mesurer, au moyen d'une formule, l'écart entre l'ordre véritable et l'ordre établi.

Nous avons entendu M. le Prof. J.-L. Prevost parler d'un travail fait sous sa direction par M. le Dr Maunoir et relatif aux mouvements du pylore. Le pylore, isolé de l'estomac, présente un rythme régulier qui n'est modifié ni par le jeûne, ni par l'alimentation. Ce mouvement que certaines substances telles que la pilocarpine, par exemple, rendent plus sensible, est inhibé au contraire par le chloral et par l'atropine.

M. Isaac Reverdin a observé en collaboration avec M. le Prof. Prevost les effets des brûlures produites par les courants électriques industriels. Les auteurs admettent que les brûlures peuvent, dans certaines conditions, protéger l'organisme contre les effets mortels du courant électrique, en augmentant la résistance du point où elles se forment. Ils distinguent deux sortes de brûlures et les désignent sous les noms de brûlures par étincelles et brûlures par échauffement direct; celles de la première forme constituent, pour l'animal vivant, une protection efficace.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE
VOLUME 37, FASCICULE 4.

MONOGRAPHIE GÉOLOGIQUE ET PALÉONTOLOGIQUE

DU SALÈVE

(Haute-Savoie, France)

PAR

ETIENNE JOUKOWSKY et JULES FAVRE

Assistants au Muséum d'Histoire naturelle de Genève

Avec une carte géologique en couleurs, 29 planches et 56 figures dans le texte.

AVANT-PROPOS

Ce travail, commencé en mars 1908, a été achevé en août 1913. M. le professeur SCHARDT, qui avait lui-même étudié le Salève durant son séjour à Genève, nous poussait à faire une étude détaillée de cette chaîne, ayant reconnu que les études antérieures étaient incomplètes. D'autre part, depuis longtemps, M. BEDOT, directeur du Muséum d'histoire naturelle de Genève, nous engageait à publier une description géologique des montagnes des environs de Genève. Ces suggestions nous ont décidés à entreprendre une étude détaillée du Salève et des Pitons, en limitant nos recherches au territoire figuré sur la carte de PERRON.

La découverte d'une erreur de date ancienne, concernant la limite des systèmes jurassique et crétacé, nous a conduits à pousser aussi loin que possible l'étude stratigraphique, qui est particulièrement favorisée par la disposition des couches dans la montagne qui nous occupe. On y peut voir, en effet, sur une épaisseur de 600 mètres, une série horizontale de couches échelonnées de la base du Kimeridgien au Barrémien inférieur, dans des affleurements où les moindres couches sont visibles, ce qui permet de prendre des mesures exactes de leur puissance.

La tectonique, pour simple qu'elle soit, n'en présente pas moins une série de faits intéressants où l'on peut voir ses rapports étroits avec la topographie. Nous avons largement usé de la photographie. Les contours géologiques ont été tracés, pour la plupart, sur des agrandissements qui, exagérant beaucoup l'échelle, permettaient d'autant plus de précision.

Nous tenons à exprimer ici nos remerciements à M. BEDOT et à M. SCHARDT qui nous ont aidés de leurs bons conseils, ainsi qu'à M. F. BOISSONNAS qui a obligeamment exécuté pour nous d'excellentes photographies, dont plusieurs figurent dans nos planches. Nous devons aussi des remerciements à MM. GYSIN, PERRIER, PERROT et WEBER, étudiants de l'Université de Genève, qui nous ont indiqué des gisements de fossiles ou nous ont aidés à relever des coupes et à recueillir des échantillons.

Enfin, notre reconnaissance est tout particulièrement acquise au Comité de publication de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle, qui, sur la proposition de M. le professeur CHAIX, nous a largement ouvert les crédits nécessaires à une riche illustration de notre mémoire.

Nous donnons à la fin de cette étude une liste chronologique des ouvrages traitant du Salève.

CHAPITRE PREMIER

LEVÉS DES CARTES TOPOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

Pour le tracé des contours géologiques, parmi les documents existants, nous avions à choisir entre les cartes officielles au 1 : 80.000 et au 1 : 50.000 et la carte du Salève au 1 : 25.000 de Ch. PERRON. Les deux premières se sont trouvées inutilisables, la partie montagneuse y étant traitée d'une façon tout à fait sommaire. La carte de PERRON, où les parties rapprochées de Genève sont figurées avec plus de soin, a de grosses erreurs dans la région des Pitons et sur tout le versant sud de la chaîne, et nous avons été dans l'impossibilité de nous en servir pour exprimer la structure géologique.

Ces considérations nous ont amenés à faire nous-mêmes les corrections nécessaires. Celles-ci ont été si nombreuses qu'il a fallu refaire la carte entièrement en utilisant seulement certaines données de la carte de PERRON pour la plaine autour du Salève.

Notre carte a été établie au moyen de levés photogrammétriques et de croquis pris sur place. Pour le versant NW., trois panoramas de 3 plaques 18 × 24 chacun ont été pris des points suivants : 1° D'une maison de Chêne-Bourg qui figure sur la carte Siegfried ; 2° D'un point coté 486 à Landecy, sur la même carte ; 3° D'un point situé au voisinage de Fort Ste-Catherine.

Pour le versant SE., le nombre des points de vue utilisés a été de 6 : Beauregard, le Verne, Grange-Gros, le point 844 sur La Muraz, le Vernay et Menthonnex-en-Bornes.

Les photographies ont été prises avec un objectif double de 338 ou 590mm de longueur focale, selon l'éloignement du point de vue, sur des plaques 18 × 24. Le nombre total des clichés utilisés est de 28.

La direction de la ligne axiale des photographies a été mesurée au moyen d'une boussole donnant le degré. Cette orientation, qui n'était pas d'une précision suffisante, a été corrigée par tâtonnements au moyen des repères trigonométriques du Petit Salève et de la Tour des Pitons.

Le nombre des points photogrammétriques déterminés a été de 700 environ.

En outre, pour le figuré du relief, en particulier pour le versant abrupt qui regarde Genève, nous nous sommes servis de photographies stéréoscopiques à relief exagéré.

Les contours géologiques ont été tracés sur les photographies elles-mêmes, ce qui permettait une grande précision pour les pentes fortes, grâce à la grandeur de l'échelle (1 : 6.000 à 1 : 20.000, en gros, pour la partie centrale des clichés). Ce procédé a l'avantage de permettre une détermination précise des contours géologiques, qui peuvent être ensuite repérés photogrammétriquement sur la carte.

Ces données ont été complétées par des cotes assez nombreuses que nous avons prises au baromètre altimétrique compensé de GOULIER. Chaque jour, au départ, l'instrument était réglé sur un baromètre à mercure, ramené à zéro, et comparé lui-même avec le baromètre étalon de l'Observatoire de Genève. Chaque cote relevée était accompagnée de l'indication exacte de l'heure à laquelle la lecture avait été faite. Au retour, l'instrument était comparé à nouveau avec le baromètre à mercure. La variation était en général trop faible pour qu'on pût en tenir compte.

Ensuite, le barographe de l'Observatoire nous indiquait la pression à Genève à l'instant où une lecture avait été faite sur le terrain. On avait ainsi une différence de pression absolue.

Les causes d'erreur dues à la variation barométrique diurne étaient ainsi fortement atténuées. Elles n'étaient pas supprimées, parce qu'il faudrait pour cela que les variations barométriques fussent parallèles dans toute la région. Or nous avons constaté que ce parallélisme existait en effet, lorsque les variations barométriques étaient régulières, mais par contre, quand il se produisait des sautes rapides, il est arrivé que la variation fût inverse à Genève et au Salève, dans le même laps de temps. Il n'a pas été tenu compte de cotes qui accusaient de pareilles erreurs.

Une seconde cause d'erreur provenait des défauts de l'appareil. Nous l'avons comparé avec un baromètre à mercure sous la machine pneumatique, et, sur une série d'expériences, les divergences se sont produites d'une façon si irrégulière, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, qu'il n'a pas été possible d'établir une table de corrections.

Toutes les mesures qui paraissaient entachées d'erreur ont été supprimées. La plupart des points ont été cotés plusieurs fois, et l'altitude adoptée est une moyenne.

Pour la mise au net du dessin, nous avons procédé de la manière suivante.

Après avoir déterminé au 1 : 25.000, tous les points photogrammétriques et indiqué les routes, les cours d'eau et les villages ainsi que les divers signes conventionnels (plongements, dépôts de scories), et les principales parois qui donnent les traits caractéristiques de la montagne, nous avons fait faire un cliché, qui a été agrandi

de façon à ramener l'échelle au 1 : 25.000, sur papier au bromure. Sur cette épreuve, tout ce qui était nécessaire a été repassé à l'encre de Chine. Tout le reste (lignes de construction, numéros des points photogrammétriques) a été laissé tel quel. Ensuite, l'épreuve a été traitée à l'hyposulfite et au ferricyanure. Toutes les choses inutiles ont disparu, ainsi que les taches, qui étaient nombreuses, et, sur le fond blanc parfait que donne le papier au bromure, les hachures ont été tracées et le dessin complété.

Le résultat obtenu représente, nous semble-t-il, un progrès très sensible sur les cartes préexistantes. Sans prétendre, d'ailleurs, qu'une carte levée comme il est dit plus haut puisse en aucune façon remplacer un document topographique exact, nous croyons néanmoins apporter une preuve de la possibilité de faire des levés géologiques à une échelle relativement grande, et de dessiner une carte qui donne une expression satisfaisante des rapports intimes qui unissent la géologie et la topographie. Nous croyons qu'il n'est pas nécessaire, pour entreprendre une étude géologique détaillée et à grande échelle, d'attendre que les services officiels aient exécuté de nouvelles cartes à une échelle plus grande que celles dont on dispose aujourd'hui.

CHAPITRE II

STRATIGRAPHIE

Les terrains du Salève se prêtent admirablement à une étude stratigraphique détaillée. La face sud-ouest de cette montagne, très abrupte, est formée dans sa partie moyenne et supérieure de couches horizontales qui n'ont pas été dérangées. Grâce aux ravins escarpés et dénudés taillés dans cette paroi, tous les bancs, même les lits marneux minces, sont assez facilement accessibles. Il nous a donc été possible de faire des relevés détaillés exacts dans les endroits suivants :

A la Grande Varappe (pl. 10, fig. 3) pour le Portlandien supérieur, le Purbeckien, l'Infravalanginien et la partie inférieure de l'Hauterivien ;

A la Petite Gorge pour la partie supérieure de l'Hauterivien et le Barrémien inférieur ;

Dans la région des Etiollets, des Etournelles et du Sphinx pour le Kimeridgien, le Portlandien et le Purbeckien.

Nous avons encore relevé soigneusement des coupes à la carrière d'Aiguebelle au Petit Salève, pour le Purbeckien, et au gisement classique de l'Infravalanginien des carrières de Monnetier.

Nous ne nous sommes pas contentés d'examiner les roches sur place, mais chaque fois qu'un banc différait un peu de celui qui le précédait nous en avons pris un échantillon qui a été poli et étudié à la loupe, et si cela était nécessaire, mis en coupe mince et examiné au microscope. Il a été formé ainsi une collection de plus de 700 échantillons de roches dont 300 environ ont été mis en coupe mince. Cette collection est déposée au Muséum d'histoire naturelle de Genève.

La mesure de la puissance du Valanginien, de l'Infravalanginien, du Purbeckien et du Portlandien a pu être faite avec beaucoup de précision dans les couches horizontales de la Grande Varappe, où il était possible de suspendre un cordeau divisé au sommet des parois et de lire ainsi directement les épaisseurs. Un contrôle au baromètre a du reste aussi été fait.

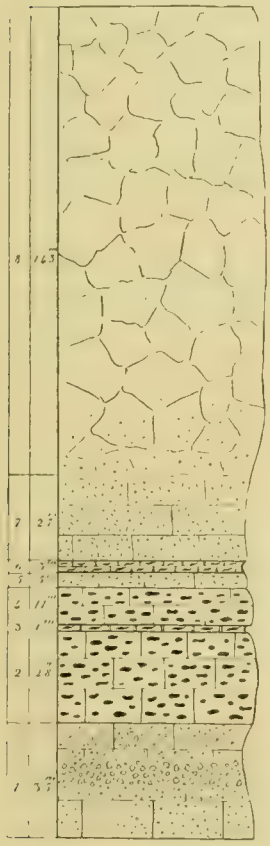
La puissance de l'Hauterivien et du Kimeridgien n'a pu être estimée de cette façon. Pour le premier de ces étages nous avons employé le baromètre. Pour le Kimeridgien, nous avons mesuré exactement au cordeau la hauteur de la paroi supérieure des Etiollets qui forme la partie la plus élevée de l'étage, puis, sur une photographie de l'escarpement prise à une grande distance (du Beulet), cette mesure nous a servi de base pour évaluer la puissance totale.

Pour désigner certaines structures que les noms anciens ne suffisaient pas à caractériser, nous avons adopté le terme de *microbrèche* en nous basant sur l'examen microscopique. L'étude d'un grand nombre de coupes nous a montré, en effet, que des calcaires qu'on serait tenté, après les avoir examinés à l'œil nu ou à la loupe, de désigner de façons diverses (calcaires oolitiques fins, calcaires sublithographiques) se résolvaient nettement au microscope en une structure bréchoïde, leur masse étant formée de très petits cailloux calcaires, cimentés par une vase calcaire fine. Ces cailloux ont souvent conservé des formes anguleuses, avec des angles peu usés. On a alors une véritable *microbrèche*. Si les cailloux sont fortement arrondis, la roche tend vers la structure oolitique, et est désignée sous le nom de *microbrèche oolitique*. Il importe de remarquer qu'on n'y trouve pas d'oolites à structure concentrique, ce qui justifie une distinction entre ces roches et les véritables calcaires oolitiques. Dans les microbrèches les cailloux sont souvent remplacés par des débris d'organismes, et sont alors désignées sous le nom de *microbrèches zoogènes*.

JURASSIQUE

KIMERIDGIEN

Les caractères de cet étage sont donnés d'une façon sommaire dans la coupe fig. 1, mais nous pensons qu'il est utile d'étudier avec plus de détails les complexes de couches dont est formé ce terrain.



Calcaire récifal blanc, non stratifié.

Microbrèches calcaires zoogènes, gris brun, grises ou blanches, parfois un peu spathiques.

Calcaire dolomitique gris, grenu.
Microbrèche zoogène gris clair à *Zeilleria humeralis.*
Calcaire gris à rognons de silex.
Calcaire dolomitique tendre, gris à taches ocreuses.

Calcaire gris à rognons de silex.

c) Calcaire récifal gris clair à *Cidaris glandifera, Thiollieriorinus heberti.*
b) Brèche à galets anguleux coralligènes et à ciment rouge brique ou jaune rouge.
a) Calcaire gris brun ou gris clair, finement grenu à *Zeilleria humeralis, Terebratula bauhini, Rhynchonella pinguis.*

Fig. 1. — Coupe du Kimeridgien aux Etiollets. Echelle 1 : 2.000.

Complexe n° 1. *a)* Calcaires gris clair à gris brun, finement grenus, à pâte calcaire englobant de très petits cristaux rhomboédriques de calcite. Le plus souvent ces calcaires ne présentent aucune trace d'organismes ; parfois cependant, ils passent à une microbrèche zoogène à débris d'organismes variés et à rares Foraminifères. Les Brachiopodes sont assez abondants à la partie supérieure de cette assise, mais ils sont mal conservés. Ce sont :

Terebratula bauhini Et.

T. insignis Schübl., forme très voisine de *T. tichaviensis* Suess.

T. intermédiaire entre *T. formosa* Suess et *T. cotteaui* H. Douv.

Zeilleria humeralis (Rœm.).

Rhynchonella pinguis Rœm.

b) Les calcaires précédents passent à une brèche à ciment jaune rouge, devenant rouge brique lorsqu'il est mouillé. Les galets de cette brèche sont blancs, irréguliers, non arrondis, constitués par une microbrèche calcaire zoogène à débris plus ou moins roulés de Coraux, Bryozoaires, Mollusques, etc. Le ciment se résout au microscope en une pâte microcristalline ou vaseuse englobant de nombreux petits rhomboèdres de calcite à zones alternativement pures et imprégnées de limonite. Cette brèche n'a pas une épaisseur constante et elle n'est pas nettement délimitée ni à sa base, ni à son sommet.

c) Calcaire récifal gris clair, un peu crayeux, dont les Coraux et autres débris d'organismes sont fortement roulés. Les Foraminifères y sont assez abondants. Les cristaux rhomboédriques de calcite sont disséminés dans toute cette assise. Nous avons recueilli à ce niveau :

Thiollericrinus heberti (de Lor.).

Cidaris glandifera Münst.

Pachymytilus aff. *obtusus* n. sp.

Matheronia sp. en mauvais état.

Complexe n° 2. Calcaires gris, finement grenus ou presque compacts, constitués par une microbrèche zoogène parfois très fine. Les Foraminifères qui font défaut dans certaines couches sont assez abondants dans d'autres. Des rognons de silex de forme irrégulière sont disséminés dans tout ce complexe sans être abondants. Leur taille est très variable, le plus grand que nous ayons observé avait près d'un demi-mètre de diamètre maximum.

Complexe n° 3. Calcaire dolomitique finement grenu, tendre, gris, à taches ocreuses. Au microscope il est formé d'une pâte microcristalline où abondent les petits rhomboèdres de calcite. Il n'y a aucune trace d'organismes dans ce complexe qui forme un retrait accusé dans la paroi de rochers des Etiollets.

Complexe n° 4. Calcaires à rognons de silex identiques à ceux du complexe n° 2; les silex sont cependant plus rares.

Complexe n° 5. Microbrèche zoogène calcaire, gris clair à *Zeilleria humeralis* Rœm. abondant mais en mauvais état.

Complexe n° 6. Calcaires dolomitiques grenus.

Complexe n° 7. Bancs de microbrèche zoogène brune ou gris brun à la base, devenant blanche au sommet, parfois un peu spathique. Les Foraminifères y sont assez peu abondants. Le ciment de cette microbrèche est soit compact, vaseux, soit formé de grandes plages de calcite.

Complexe n° 8. L'assise précédente passe insensiblement à un calcaire récifal blanc, non ou très mal stratifié, où les Coraux, parfois en gros buissons abondent et donnent souvent à la roche un aspect saccharoïde. Les autres organismes contenus dans ce calcaire ne peuvent s'extraire facilement; nous avons reconnu des *Diceras, Spondylopecten globosus* Quenst. emend. Phil., *Rhynchonella astieriana* d'Orb.

La partie inférieure du Kimeridgien (n^{os} 1 à 7 de la coupe) n'a été mise à jour qu'aux Etiollets près du Coin, grâce au décrochement transversal de la chaîne à cet endroit. L'épais massif de calcaires récifaux qui forme la partie supérieure de l'étage est, au contraire, visible ailleurs; il forme les grands escarpements situés entre les rochers du Coin et la Varappe, ceux qui dominent Pomier et une partie de ceux qui avoisinent le Pas de l'Echelle.

Les limites supérieure et inférieure du Kimeridgien du Salève n'ont pu être déterminées directement, la faune que nous avons pu recueillir étant peu abondante et peu significative. Heureusement, les travaux de Bourgeat, de Riaz, Révil, ont montré que, dans tout le Jura méridional depuis la Faucille jusqu'au delà de Chambéry, un niveau de calcaires à silex se trouve avec une remarquable constance à la base ou près de la base du Ptérocérien. Il n'est pas douteux que ce soient ces mêmes calcaires qui se retrouvent au Salève. Il reste encore à déterminer si les couches situées au-dessous de ces calcaires à silex (n° 1 de notre coupe) doivent encore être classées dans le Ptérocérien. En général, dans le Jura méridional, il se trouve une assise assez épaisse de calcaires entre les couches à silex et les derniers bancs à *Perisphinctes polyplocus* (Rein.) du Séquanien supérieur, de sorte que notre complexe n° 1 doit peut-être encore faire partie du Kimeridgien. C'est d'autant plus probable que, parmi les fossiles recueillis à ce niveau, *Thiollericrinus heberti* de (Lor.), *Cidaris glandifera* Münst., *Pachymytilus* cfr. *obtusus* n. sp., *Matheronia* sp. ne

sont connus que des étages plus récents que le Séquanien. La limite supérieure du Kimeridgien de même ne peut pas être déterminée directement, mais nous avons montré, dans la partie paléontologique de ce travail, que les couches qui se placent immédiatement au-dessus du grand massif coralligène, que nous attribuons au Kiméridgien supérieur, appartiennent au Tithonique inférieur. Il se pourrait, il est vrai, que ce grand massif coralligène appartînt en partie encore au Tithonique inférieur, mais, en l'absence de toute preuve, nous préférons placer notre limite là où un léger changement de facies s'est produit.

Comparaison avec les régions voisines. BOURGEAT, dans plusieurs de ses travaux, et surtout dans ses *Recherches sur les formations coralligènes du Jura méridional,* a montré que le facies coralligène occupe des niveaux de plus en plus élevés dans le Ptérocérien lorsque, de la partie occidentale des départements du Jura et de l'Ain, on se dirige vers le Sud-Est. On voit ainsi, suivant cette direction, les marnes à *Pteroceras oceani* Brongn., *Ceromya excentrica* Rœm., *Pholadomya protei* Brongn., du Ptérocérien, puis les calcaires compacts ou dolomitiques du Virgulien atteints graduellement par le facies coralligène, si bien que, dans la dernière chaîne orientale de cette partie du Jura, les marnes à *Ostrea virgula* Goldf. ont même parfois fait place aux formations coralliennes. Cet envahissement des niveaux supérieurs du Malm se continuait au Salève, puisque toute la partie supérieure du Kimeridgien y forme un puissant massif récifal des mieux caractérisés. Les marnes à *Exogyra virgula* font ici complètement défaut et nous verrons plus loin que même tout le Portlandien inférieur possède aussi un facies coralligène typique.

Dans plusieurs points du Jura méridional, BOURGEAT *(loc. cit.)* a aussi observé que là où les niveaux coralliens se sont élevés au sommet de l'étage, les assises inférieures n'ont pas, en général, conservé un facies récifal, mais un facies à calcaire compact ou grenu ou même à calcaire dolomitique. La même constatation peut être faite au Salève, où, dans toute la partie inférieure du Kimeridgien, on n'observe qu'une très faible enclave coralligène à la partie supérieure du complexe n° 1 de notre coupe.

Dans les parties du Jura savoisien les plus proches du Salève, le Kimeridgien présente une succession d'assises ayant la plus grande analogie avec celle de notre chaîne. RÉVIL (**206**, p. 446-455) donne une coupe du Mont du Chat que nous résumons de la façon suivante. Au-dessus des marno-calcaires à *Oppelia tenuilobata* et à *Perisphinctes polyplocus* on observe :

a) 60 mètres de calcaires foncés, à rognons de silex apparaissant à partir de 25 mètres de la base.

b) 15 mètres de dolomie grenue.

c) 6 mètres de calcaire grisâtre, saccharoïde en gros bancs.

d) 3 mètres de calcaire légèrement dolomitique.

e) 2 mètres de calcaire blond subcrayeux à Polypiers.

f) 68 mètres de calcaires coralligènes variés à Dicératidés et Nérinéidés.

g) 7 mètres d'un complexe formé de calcaires marneux, calcaires dolomitiques, calcaires grisâtres et calcaires blonds spathiques.

L'analogie est donc fort grande, sauf en ce qui concerne la dernière assise, *g*, qui n'a pas été envahie par le facies coralligène.

L'épaisseur du Kimeridgien du Salève, tel que nous l'avons défini, atteint 253^{m}, épaisseur très considérable, comparée surtout à celle qui a été mesurée dans les départements de l'Ain et du Jura et qui ne dépasse pas 130 mètres. La coupe du Jura savoisien, que nous résumons plus haut, a une puissance déjà plus grande, soit 161 mètres. Nous sommes cependant certains de n'avoir pas commis d'erreur sensible dans nos mesures.

Il nous reste encore à ajouter que les dépôts kiméridgiens de la chaîne du Salève se sont effectués dans un bassin à sédimentation extrêmement tranquille, les apports détritiques littoraux étant à peu près nuls. Dans le nombre assez grand de coupes minces des différentes couches de l'étage, que nous avons étudiées au microscope, nous n'avons pas observé un seul de ces petits grains de quartz qui sont si abondamment représentés dans la plupart des roches sédimentaires. De plus, l'argile, dans les couches qui paraissaient en contenir le plus ne dépasse pas le 1 $^{0}/_{0}$.

Le « Calcaire corallien » de A. Favre [**101**, § 217, p. 255], partie inférieure, correspond au massif coralligène du Kiméridgien supérieur.

PORTLANDIEN

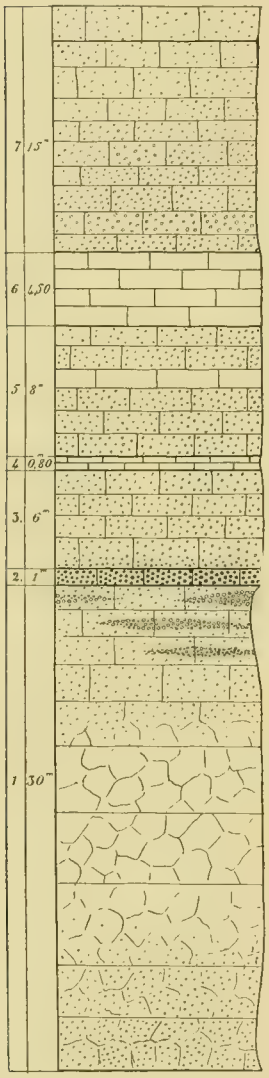
La coupe que nous donnons de cet étage (fig. 2) a été relevée au haut des Etiollets pour la partie inférieure et sur l'Eperon de la Varappe pour la partie supérieure.

Au Salève, le Portlandien est divisé en deux parties de composition assez différente par un banc de calcaire très particulier que nous décrirons plus loin et que nous avons appelé *calcaire moucheté*.

Portlandien inférieur (n° 1 de la coupe). On peut y distinguer de bas en haut :

a) Brèche coralligène blanche, parfois oolitique, à faune riche, exploitable localement quand la roche devient un peu crayeuse. C'est ce niveau que nous avons

appelé *couche à Matheronia salevensis* dans la partie paléontologique de cette étude, car ce fossile y est particulièrement abondant et caractéristique. Voici la liste des espèces qui ont été recueillies dans cette couche :



Calcaire oolitique gris clair à oolites parfois très grosses.

Calcaire compact gris clair.

Calcaire oolitique, compact par places.

Calcaire compact en plaquettes, gris clair.

Calcaire oolitique gris clair, moucheté à la base.

Calcaire moucheté, accompagné par places de calcaires dolomitiques et de calc. compacts.

c) Brèche zoogène oolitique blanche, fine, à lentilles de brèche oolitique à très gros éléments *(Grosse oolite)* contenant *Nerinea hoheneggeri*, *N. binodosa*, *Ptygmatis pseudobruntrutana*, *Ditretus nodoso-striatus*, etc.

b) Calcaire récifal blanc.

a) Brèche corallienne blanche, à riche faune : *Ptygmatis pseudobruntrutana*, *P. meneghini*, *Phaneroptyxis rugifera*, *Nerinea jeanjeani*, *N. hoheneggeri*, *Oonia amygdaloides*, *Valletia antiqua*, *Matheronia salevensis*, *Diceras speciosum*, etc.

Fig. 2. — Coupe du Portlandien aux Etournelles et à la Grande Varappe. Echelle 1 : 400.

Thiollericrinus heberti (de Lor.).
Cidaris carinifera Ag.
Pedina salevensis n. sp.
Pedina sublaevis Ag.
Hemicidaris stramonium Ag.
Pseudocidaris subcrénularis Gauth.
Acropeltis aequitubereulata Ag.
Codiopsis lorini Cott.
Echinobrissus salevensis de Lor.
Pyrina icaunensis (Cott.).
Pseudodesorella orbignyana (Cott.).
Rhynchonella astieriana d'Orb.
Zeilleria lugubris (Suess).
Zeilleria magasiformis (Zeuschn.).
Zeilleria humeralis (Rœm.).
Megerlea pectunculoides (Schloth.).
Megerlea petersi Hohenegg.
Megerlea aff. *loryi* Pict.
Terebratula moravica Glock.
Terebratula formosa Suess.
Terebratula insignis Schübl.
Terebratulina substriata (Schloth.).
Alectryonia hastellata (Schloth.).
Pecten aff. *nebrodensis* G. Gemm. et di Blasi.
Pecten subspinosus (Schloth.).
Pecten (Spondylopecten) globosus Quenst. emend. Phil.
Spondylus pictetianus (de Lor.).
Lima (Plagiostoma) thisbe de Lor.
Lima (Plagiostoma) erctensis G. Gemm.
Lima (Limatula) salevensis de Lor.
Mytilus subornatus Et.
Pachymytilus obtusus n. sp.
Arca (Barbatia) gracilicostata n. sp.
Isoarca cfr. eminens Quenst.
Corbis valfinensis de Lor.
Diceras speciosum Münst.
Matheronia salevensis n. sp.
Valletia antiqua n. sp.
Cardium (Pterocardia corallinum Leym. var. *valfinense* Rollier.
Isocardia bernardina (d'Orb.).
Astarte studeri (de Lor).
Pleurotomaria multiformis Zitt.
Ditremaria salevensis n. sp.
Ditremaria carinata Zitt. var. *elegans.* n. var.
Trochotoma mastoidea (Et.)
Trochus (Discotectus) massalongoi G. Gemm.
Turbo (Senectus) salevensis n. sp.
Pileolus minutus Zitt.
Scurriopsis salevensis de Lor.
Patella modesta n. sp.
Natica (Amauropsis) fourneti Guir. et Og.
Eunaticina guirandi de Lor.
Eunaticina heterostriata n. sp.
Narica mortilleti (de Lor.).
Pseudomelania flexicostata Zitt.
Oonia amygdaloides (Zitt.)
Purpuroidea tschani Ooster.
Petersia salevensis n. sp.
Petersia corallina n. sp.
Brachytrema filigrana n. sp.
Ditretus nodoso-striatus (Peters.).
Ditretus salevensis (de Lor.).
Zittelia oppeli (Et.).
Zittelia picteti G. Gemm.
Nerinea robusta n. sp.
Nerinea jeanjeani Roman.
Nerinea heneggeri Peters.
Nerinea grata n. sp.
Nerinea paucicostata n. sp.
Nerinea? dilatata d'Orb.
Phaneroptyxis morcana (d'Orb.).
Phaneroptyxis rugifera (Zitt.).
Phaneroptyxis staszycii (Zeuschn.) var. *proboscidea* Cossm. et *helvetica* (Zitt.).
Phaneroptyxis nogreti (Guir. et Og.).
Phaneroptyxis multicoronata (Zitt.).
Phaneroptyxis renevieri (de Lor.).
Itieria cabanetiana (Math.) var. *globosa* n. var.
Ptygmatis meneghini G. Gemm.
Ptygmatis quingueplicata G. Gemm.
Cryptoplocus depressus (Voltz.).
Cryptoplocus succedens Zitt.
Cryptoplocus excavatus n. sp.
Aptyxiella rustica n. sp.
Pseudonerinea clio (d'Orb.).
Belemnites (Hibolites) diceratinus Et.

Nous démontrerons, dans la partie paléontologique de cette étude, que cette faune peut être attribuée au Tithonique inférieur. Les principaux gisements fossi-

lifères que nous avons exploités dans cette assise se trouvent au haut de la paroi des Etiollets et au sommet de celle qui domine le sentier de Chavardon (voir pl. 9).

b) L'assise précédente passe insensiblement à un calcaire récifal blanc, souvent un peu crayeux, contenant encore comme la couche précédente *Diceras speciosum* et quelques Nérinéidés. Il est très mal stratifié et très souvent couvert de végétation.

c) Ces calcaires passent graduellement à une brèche calcaire zoogène oolitique dont les débris parfaitement roulés atteignent en général la grosseur d'un grain de chanvre. Cette brèche oolitique est très délitable et se débite sous l'influence des intempéries en plaques et en prismes, de sorte que l'assise présente des excavations parfois assez profondes au pied de la paroi verticale du Portlandien supérieur. Ce phénomène est surtout caractérisé dans la région du cirque de Chavardon et de la gorge de la Mule. Ces couches montrent, en outre, irrégulièrement disséminées dans leur masse, des lentilles d'une brèche coralligène à gros éléments formés de débris de Coraux, de Diceras, de Nérinées et autres Mollusques des récifs. En général, tous ces restes d'organismes sont roulés, de sorte que la roche prend l'aspect d'une grosse oolite dont les éléments atteignent la dimension d'une noisette ou d'une noix. Localement, ces lentilles contiennent des fossiles fort bien conservés dont voici la liste :

Corbis valfinensis de Lor.
Cardium (Pterocardia) corallinum Leym.
var. *valfinense* Rollier.
Nerita (Lissochilus) tithonica n. sp.
Gymnocerithium? involvens (Zitt.).
Ditretus nodoso-striatus (Peters).
Ditretus consobrinus n. sp.
Nerinea binodosa Et.
Nerinea robusta n. sp.
Nerinea salevensis de Lor.
Nerinea hoheneggeri Peters.
Nerinea thurmanni Et.
Nerinea? sphinxi n. sp.
Phaneroptyxis staszycii (Zitt.)
var. *typica* (Zitt.).
Ptygmatis pseudobruntrutana G. Gemm.
Aptyxiella rustica n. sp.
Pseudonerinea clio (d'Orb.).
Belemnites (Hibolites) diceratinus Et.

Ces lentilles de grosse brèche oolitique peuvent s'observer le mieux au pied du Sphinx, dans la Gorge de la Mule, entre l'Evorse et le Saut Gonet et sur les deux rives de la Grande Gorge. Toutefois, tous ces gisements ne sont pas très facilement accessibles. Dans la partie paléontologique de ce travail nous avons souvent appelé cette brèche oolitique grossière *Grosse oolite*.

Calcaire moucheté. Le Portlandien inférieur est séparé du Portlandien supérieur par un banc de microbrèche zoogène gris jaunâtre, à petites taches gris bleu foncé d'un aspect très caractéristique et que nous avons appelé *calcaire mou-*

cheté. Les taches qu'il présente sont dues à une pigmentation de très petits grains de pyrite en voie de transformation en limonite.

Ce banc, qui sépare deux complexes oolitiques fort semblables quand ils sont comprimés, ne dépasse pas 30^{cm} parfois, mais il est très constant dans toute l'étendue du Grand Salève et nous a été d'une grande utilité, grâce à son aspect tout particulier. Sans sa présence, il aurait été presque impossible de déterminer avec précision les dislocations qui affectent le genou du pli du Grand Salève.

Parfois, comme au Sentier des Bûcherons inférieur, au lieu dit « le Canapé » et le long du sentier de la Corniche, entre l'Evorse et le Saut Gonet, ce banc de calcaire moucheté est accompagné de quelques bancs de calcaire compact, souvent plaqueté et de bancs dolomitiques pouvant être marneux. Ainsi, nous avons relevé la coupe suivante au Canapé :

n) Calcaire oolitique blanc du Portlandien supérieur.

m) Calcaire gris jaunâtre compact 0^{m},90.

l) Banc de calcaire dolomitique grenu 1^{m}.

k) Marne dolomitique gris foncé 0^{m},20.

j) Calcaire compact dolomitique 1^{m}.

h) Banc de brèche calcaire zoogène, un peu moucheté, devenant compact à la base 0^{m},60.

g) Calcaire compact gris clair 0^{m},70.

f) Banc de calcaire, moucheté à la partie supérieure et compact à la base 1^{m}.

e) Calcaire compact gris clair, moucheté à la base 1^{m}.

d) Calcaire gris compact 1^{m},80.

c) Calcaire dolomitique un peu saccharoïde gris jaunâtre 0^{m},60.

b) Banc de calcaire moucheté typique 0^{m},80.

a) Brèches zoogènes calcaires oolitiques du Portlandien inférieur.

Le calcaire moucheté peut être vu avec le plus de facilité sur le sentier même de la Grande Gorge, au point le plus oriental de son grand lacet. En cet endroit, les bancs ont la même inclinaison que la pente de la montagne.

Portlandien supérieur. Il est formé de calcaires oolitiques bien lités, durs, les oolites étant de grosseur fort variable suivant les bancs. Il s'intercale dans ce complexe, à plusieurs reprises, des bancs de calcaire compact gris clair ou jaune clair. Souvent aussi, à l'intérieur d'un même banc, on voit des alternances de parties compactes et de parties oolitiques.

Le Portlandien supérieur présente quelques particularités locales. Ainsi, il arrive parfois que des lentilles de brèche zoogène à gros débris roulés, tout à fait analogue à celle que nous avons signalée dans le Portlandien inférieur, se retrouvent

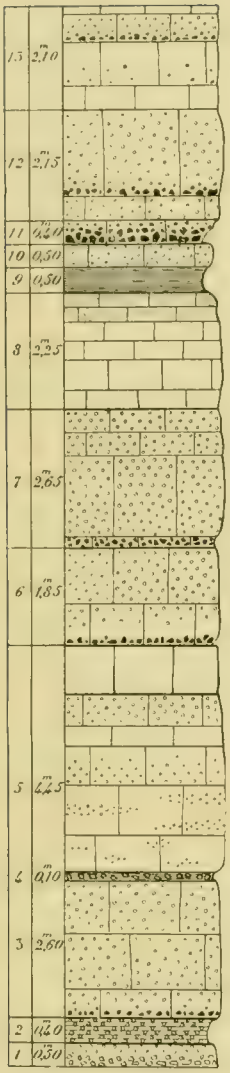
à ce niveau. C'est le cas, par exemple, au bord du Sentier des Bûcherons inférieur, dans le voisinage du Petit Détroit. Ailleurs, en plusieurs endroits, un calcaire récifal à gros buissons de Coraux réapparaît une dernière fois dans le jurassique. Aux Etournelles, près de la grotte de la Table, un banc est pétri de Nérinées qu'on ne peut pas extraire. Enfin, à la base de la paroi d'Archamps, où la partie tout à fait supérieure de l'étage est seule visible, il existe un banc formant un retrait où abonde une *Actæonina* très voisine de *A. acuta* d'Orb., mais de taille plus petite.

Au point de vue topographique, les deux parties du Portlandien se comportent tout à fait différemment. Le Portlandien inférieur, formé d'un calcaire récifal assez tendre, souvent un peu crayeux, et de brèche oolitique facilement délitable, forme toujours une pente assez douce recouverte en général de végétation. Le Portlandien supérieur, au contraire, grâce à ses calcaires oolitiques durs, forme presque toujours une paroi très abrupte qu'on peut observer sur toute la face NW. du Grand Salève.

Comparaison avec les régions voisines. Dans tout le Jura central et méridional, le Portlandien est formé de marno-calcaires à *Cyrena rugosa* (Sow.) et *Cyprina brongniarti* Rœm., de calcaires à *Pachyceras gigas* (Ziet.), à *Nerinea trinodosa* Volz, de calcaires compacts et de calcaires dolomitiques; il ne montre qu'exceptionnellement des enclaves oolitiques ou coralligènes. Dans la chaîne du Salève, au contraire, le faciès récifal a franchement envahi tout le Portlandien inférieur et le faciès oolitique règne dans la partie supérieure de l'étage; il n'existe que localement un faible épisode dolomitique qui rappelle ceux du Jura. C'est jusqu'à l'Echaillon qu'il faut aller pour retrouver un Portlandien exclusivement coralligène, plus même qu'au Salève. Une fois de plus, la théorie de CHOFFAT et de BOURGEAT du déplacement vers le sud des récifs à travers les étages du Jurassique supérieur est vérifiée.

PURBECKIEN

Le Purbeckien montre un fort beau développement au Salève, et les affleurements qu'il présente, au milieu des couches horizontales formant l'escarpement de cette montagne, sont probablement les plus beaux et les plus étendus de tous ceux de la région jurassienne. Il nous a donc été possible de relever des coupes très détaillées où les moindres lits de marne ont pu être examinés. Nous donnons les relevés de deux de ces coupes : l'une (fig. 3 et 4) prise aux Etournelles, au-dessus du Coin, et l'autre (fig. 5), au-dessus du passage à niveau, près d'Aiguebelle, au Petit Salève. Ces deux coupes ont l'avantage de faire connaître le Purbeckien aux



13. Calcaire oolitique à **Foraminifères** et à brèche à cailloux multicolores à la base.
Calcaires lithographiques gris à cailloux multicolores disséminés.

12. Calcaires oolitiques à **Foraminifères** et brèche à cailloux multicolores.

11. Grande brèche à cailloux multicolores, à ciment à **Foraminifères** et à **organisme B.**

10. Fine oolite calcaire sans organismes.

9. Marne plaquetée à fissuration prismatique de dessiccation.

8. Calcaires lithographiques ou sublithographiques gris sans organismes, sauf des **Foraminifères** à la base.

7. Calcaires oolitiques fins à **Foraminifères.** A la base, brèche à petits cailloux multicolores et à **organisme B.**

6. Calcaires oolitiques fins à **Foraminifères,** brèche à cailloux multicolores à la base.

5. Calcaires oolitiques à **Foraminifères,** parfois lithographiques.

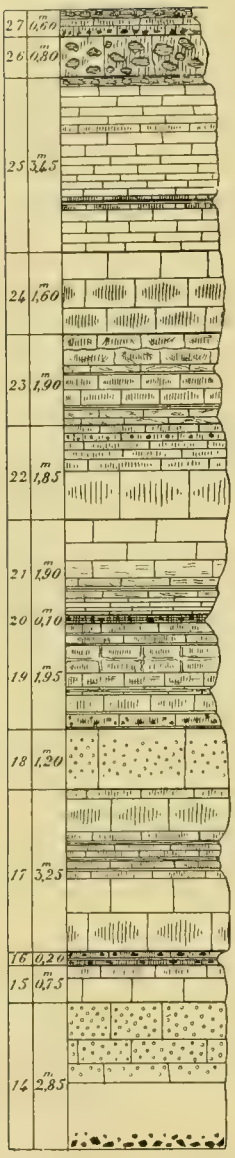
4. Marne à chloropale et à cailloux calcaires.

3. Fine oolite grise à **Foraminifères.**

2. Marne à petits cailloux calcaires.

1. Calcaire oolitique gris et conglomérat calcaire à petits éléments.

Fig. 3. — Coupe du Purbeckien, partie inférieure, relevée aux Etournelles. Echelle 1 : 125.



27. Marne grise, à rognons de calcaire compact à **Chara** ; calcaire compact à **Chara**, **Cypris**, passant à la base à une brèche à petits cailloux multicolores.

26. Calcaire grumeleux, compact, à cavités remplies de marne grise à **Planorbis loryi**, **Natica** sp., moules internes de **Lamellibranches marins**.

25. Calcaires en plaquettes, compacts, sans traces d'organismes autres que de très rares **Cypris**. Minces bancs de marne au sommet et à l'intérieur de ce complexe.

24. Calcaire lithographique à **Cypris**.

23. Calcaire lithographique grumeleux à **Cypris**.

Calcaires lithographiques à **Cypris**, en bancs minces, parfois versicolores, séparés par de minces couches marneuses.

22. Calcaire plaqueté sublithographique versicolore à **Chara**.

Calcaire sublithographique à **Chara**, **Cypris**.

21. Calcaires sublithographiques sans organismes, devenant plaquetés et marneux à la base.

20. Marne grise, à petits cailloux à **Chara**.

19. Marno-calcaires, calcaires sublithographiques et marne. Brèche à petits cailloux multicolores à plusieurs niveaux. **Valvata helicoides**, **Chara**, **Pycnodus**.

18. Calcaire oolitique à **Foraminifères**.

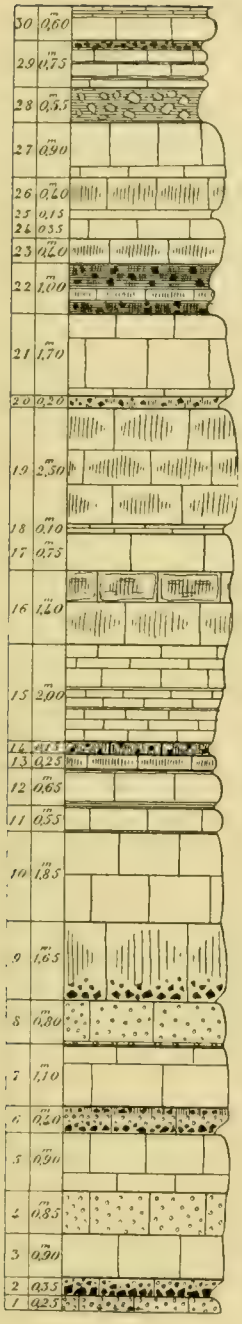
17. Calcaires lithographiques ou sublithographiques à **Chara**, plaquetés et à délits marneux dans le milieu du complexe.

16. Marne à cailloux multicolores et à **Chara**.

15. Calcaire lithographique à **Chara** à la partie supérieure.

14. Calcaire blanc oolitique à **organismes A** et **B**, compact, sublithographique à la partie inférieure et montrant à sa base une brèche à cailloux multicolores.

Fig. 4. — Coupe du Purbeckien, partie supérieure, relevée aux Etournelles. Echelle 1 : 125.



30. Marno-calcaire et calcaire sublithographique à **Foraminifères.**

29. Marnes grises à cailloux multicolores et calcaires sublithographiques.

28. Marne gris foncé à rognons calcaires et à **Aphanoptyxis variabilis, Nerinea minima, Exelissa septemplicata, Natica hemispherica, Corbula forbesi,** etc.

27. Calcaire sublithographique gris, tacheté de noir, à **Foraminifères** et à **organisme A.**

26. Calcaire sublithographique gris à **Chara.**

25. Marne gris foncé à cailloux multicolores, à **Foraminifères, Perisphinctes lorioli** et **organisme A.**

24. Calcaire sublithographique gris à très nombreux **organismes A.**

23. Calcaire sublithographique à **Chara.**

22 Marne grise à cailloux calcaires versicolores, à **Chara, Valvata helicoides, Planorbis loryi, Cypris,** et un banc intercalé de calcaire à **Chara.**

21. Calcaire sublithographique gris à **Foraminifères.**

20. Brèche calcaire à cailloux multicolores et à **Chara.**

19. Calcaire lithographique gris à **Chara** et à **organisme A.**

18. Calcaire marneux, schisteux, sans organismes.

17. Calcaire lithographique gris jaunâtre sans organismes.

16. Calcaire marneux gris et calcaire lithographique gris à **Chara.**

15. Calcaires lithographiques gris, marneux par places, dépourvus d'organismes.

14. Marno calcaire à cailloux multicolores et à **Chara.**

13. Calcaire lithographique gris à **Chara.**

12. Calcaire lithographique sans organismes.

11. Calcaire lithographique gris à **Chara.**

10. Calcaire lithographique gris sans organismes.

9. Calcaire lithographique gris clair à innombrables **Cypris,** à **Chara,** à **organisme B** et à **Foraminifères.** A la base, brèche calcaire à cailloux multicolores, à **Foraminifères** et à **organisme A.**

8. Fine oolite gris clair à **Foraminifères** et à **organisme A.** A la base, marne gris foncé à petits cailloux.

7. Calcaires sublithographiques gris à **Foraminifères**

6. Partie supérieure : brèche à cailloux multicolores et à ciment concrétionné à **Chara** et **Cypris** ; partie moyenne : microbrèche à **Foraminifères** ; partie inférieure : brèche à ciment marneux et à cailloux multicolores.

5. Calcaires lithographiques gris à **Foraminifères** à la base.

4. Calcaire oolitique fin ; les oolites sont formées par l'**organisme B.**

3. Calcaire lithographique gris à **Foraminifères** et à **organisme A.**

2. Grande brèche à cailloux multicolores et à ciment à **Foraminifères.**

1. Très fine oolite sans organismes.

Fig. 5. — Coupe du Purbeckien aux carrières d'Aiguebelle. Echelle 1 : 125.

deux extrémités de la chaîne du Grand Salève. La seconde, cependant, n'atteint pas la base de l'étage. Une troisième, très détaillée également, a été établie dans la Gorge de la Grande Varappe; nous ne la publierons pas ici, car elle est à peu près identique à celle des Etournelles.

Les premières couches que nous plaçons dans le Purbeckien ne diffèrent pas pour une grande part de celles du Portlandien supérieur. Ce sont des calcaires oolitiques bien lités, gris jaunâtre, où les Foraminifères sont assez abondants. Parfois aussi, des calcaires compacts lithographiques se rencontrent parmi les autres. Si nous séparons du Portlandien ces couches qui sont exclusivement marines, c'est qu'il s'y intercale à plusieurs reprises des *brèches à cailloux multicolores* que nous étudierons plus loin et qui se retrouvent jusqu'au sommet même du Purbeckien. Ces formations curieuses sont fort probablement liées aux phénomènes qui ont amené l'émersion d'une grande partie du Jura à cette époque.

La plus belle de ces brèches à cailloux multicolores, que nous avons appelée *grande brèche* (n° 11 de la coupe fig. 3 et n° 2 de celle fig. 5), se poursuit avec les mêmes caractères sur une assez grande étendue, du Petit Salève à la paroi d'Archamps; elle nous servira de point de repère, car la coupe d'Aiguebelle n'atteint pas le Portlandien. Cette grande brèche est située à 16 mètres au-dessus de la base de l'étage; les premières couches d'eau douce apparaissent à $7^{m},50$ au-dessus d'elle, dans la coupe des Etournelles (n° 15) et à 3 mètres déjà à Aiguebelle (n° 6). A partir de ces niveaux, le faciès d'eau douce ne règne pas sans conteste. Ainsi, dans la région des Etournelles, les premiers calcaires lithographiques à *Chara*, qui sont en parfaite concordance avec les couches marines inférieures, sont interrompus par un banc de calcaire oolitique à Foraminifères de $1^{m},20$ d'épaisseur (n° 18) nettement délimité et en concordance tant avec le banc sous-jacent qu'avec celui qui lui est superposé. Dès ce moment, le faciès d'eau douce n'est plus interrompu jusqu'à la partie tout à fait supérieure de l'étage où existe un banc (n° 26) à mélange de faunes marine et d'eau douce. A Aiguebelle, à un épisode d'eau douce très court, indiqué par la couche n° 6, succède un complexe marin à Foraminifères (n^{os} 7 et 8), puis le faciès d'eau douce s'établit pour une durée assez longue, mais déjà à partir de $6^{m},50$ au-dessous du sommet de l'étage (n° 21) des incursions marines se font sentir à plusieurs reprises et finissent par prévaloir au sommet.

Nous ne reprendrons pas en détail les différentes couches qui constituent le Purbeckien, mais nous étudierons en bloc :

a) Les couches marines de la partie inférieure de l'étage.
b) Les couches d'eau douce qui en constituent la partie moyenne et supérieure.
c) Les formations mixtes qui couronnent l'étage.

d) Enfin nous nous arrêterons quelque peu à décrire les brèches à cailloux multicolores qui peuvent se trouver soit dans les couches marines, soit dans celles d'eau douce.

a) **Couches marines de la partie inférieure du Purbeckien.** Comme nous l'avons déjà dit, les formations marines de la base du Purbeckien sont constituées par des calcaires oolitiques, plus rarement lithographiques, gris jaunâtre, à Foraminifères, continuant le facies portlandien, interrompus à plusieurs reprises par les brèches à cailloux multicolores. Ces calcaires marins contiennent cependant deux espèces d'organismes ou fragments d'organismes que nous n'avons pas rencontrés dans les formations jurassiques plus anciennes. L'un d'eux (fig. 2, pl. 14 et fig. 6, texte) que nous appelons *organisme A* se présente sous l'aspect de chaînes

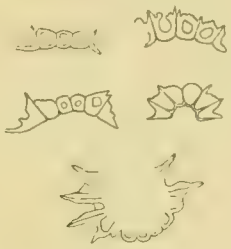


Fig. 6. — Différents aspects de l'organisme A du Purbeckien. Gross. × 10.

plus ou moins arquées, formées de cellules ajoutées bout à bout. Ces cellules, au nombre maximal de 12, s'accroissent à partir du centre de la chaîne vers les deux extrémités et les terminales, parfois très allongées, sont ouvertes. Ces organismes rappellent un peu les sections de fragments de tiges de *Chara*, mais, même lorsqu'ils abondent dans une coupe mince, on ne les voit pas en compagnie de véritables tiges de cette Algue. L'autre, appelé *B* (pl. 14, fig. 1), que nous croyons appartenir à des fragments du test d'un animal que nous n'avons pas su reconnaître, est formé de petites masses cylindriques peu allongées, à section ovalaire, présentant de nombreux canaux parallèles, rectilignes, suivant le grand axe du cylindre. En section transversale, ces canaux montrent une disposition régulière suivant une courbe fermée ressemblant au contour d'un fer à cheval. Ces deux organismes, qui sont parfois très abondants au point de constituer presque à eux seuls toute la roche, ne sont pas seulement localisés dans les couches marines inférieures du Purbeckien, on les retrouve dans les bancs à Foraminifères qui sont isolés au milieu des bancs d'eau douce.

Il faut encore mentionner, au milieu des couches marines, la marne représentée dans la coupe des Etournelles par le n° 9. Elle se retrouve dans la Gorge de la Grande Varappe et dans la paroi d'Archamps; en ces divers endroits, elle est séparée de la grande brèche par un banc d'une oolite très fine et très régulière. Cette marne est plaquetée et montre à la surface des délits un réseau polygonal paraissant résulter d'un retrait produit par la dessiccation, les prismes produits ayant été soudés à nouveau par un dépôt marneux interstitiel. Les plaquettes polygonales déterminées par le réseau des fissures sont concaves vers le haut, ce qui semble aussi permettre de conclure en faveur d'une émersion et d'une dessiccation de la couche.

b) **Les couches d'eau douce.** Elles sont essentiellement formées de calcaires durs, lithographiques ou sublithographiques, parfois un peu fétides, bien lités, parfois plaquetés. Ils contiennent principalement des graines et des fragments de tiges de *Chara* appartenant probablement au *C. jaccardi* Heer. Ces graines et ces tiges ne peuvent être dégagées de la roche; ce n'est qu'en section qu'on peut les étudier (pl. 13, fig. 1 à 6). Parfois elles sont en quantité prodigieuse (pl. 13, fig. 1). Les valves de *Cypris* sont en général peu abondantes, sauf cependant dans la couche n° 9 de la coupe d'Aiguebelle où elles pullulent. Les Mollusques sont rares dans les calcaires et, à cause de la dureté de la roche, ils se cassent avec elle et n'apparaissent qu'en section à test mince et noir. Ce n'est qu'au bord du sentier des Bûcherons supérieur, un peu au SW. du passage de l'Arc, près d'un filon de grès sidérolitique qui traverse les couches purbeckiennes, qu'on voit, tout près du sommet de l'étage, un calcaire assez tendre où *Planorbis loryi* Coq., *Physa wealdiensis* Coq., *Lioplax inflata* Sandb., sont abondants et peuvent être dégagés.

Les marnes et marno-calcaires d'eau douce sont peu abondants au Salève. Les marnes forment, en général, de minces lits entre les bancs de calcaire compact ou de marno-calcaire; elles sont du reste très peu fossilifères et contiennent souvent des cailloux multicolores.

c) **Formations mixtes couronnant l'étage.** Les derniers bancs de marne et de marno-calcaires qui terminent l'étage sont intéressants car ils contiennent un mélange de faune marine et de faune d'eau douce. Dans la région des Etournelles et de la Varappe (n° 26 de la coupe fig. 4), les organismes d'eau douce prédominent; nous avons recueilli les espèces suivantes :

Valvata helicoides Forbes.
Planorbis loryi Coq.
Physa wealdiensis Coq.
Lioplax inflata Sandb.
Chara sp.

Les fossiles marins ne sont représentés aux Etournelles que par des moules internes de *Natica* et de Lamellibranches, à la Varappe s'ajoute *Perisphinctes lorioli* Zitt. En se dirigeant vers l'Est, au Sentier des Bûcherons supérieur, *Aphanoptyxis variabilis* n. sp. apparaît, et enfin au Petit Salève, au-dessus d'Aiguebelle (n° 28 de la coupe fig. 5), la faune est complètement marine ou saumâtre. Toutes les espèces cependant sont atteintes de nanisme, ce qui semble indiquer que les conditions normales de salure ne sont pas encore réalisées. Voici cette faune :

Corbula forbesi de Lor.
Oopis sp.
Pileolus sp.
Nerita sp.
Natica florae de Lor.
Natica barottei de Lor.
Natica (Ampullina) hemisphaerica Rœm.
Pseudomelania nana n. sp.
Exelissa septemplicata (Rœm.).
Nerinea minima n. sp.
Nerinea concinna n. sp.
Aphanoptyxis variabilis n. sp.
Cylindrites (Volvocylindrites) sp.
Perisphinctes lorioli Zitt.

Comme nous le verrons dans la partie paléontologique de cette étude, toutes ces espèces, sauf *Perisphinctes lorioli*, sont communes ou ont des affinités avec des espèces du Jurassique supérieur du nord de la France et du Hanovre. Le régime marin qui les a amenées n'a pas mis fin d'une façon brusque au facies d'eau douce, mais on voit, au contraire, dans la coupe d'Aiguebelle (n^{os} 21 et 25), qu'il a été annoncé à deux reprises par de faibles incursions ayant laissé des dépôts à Foraminifères.

d) **Les brèches à cailloux multicolores.** Ces brèches, signalées dans tout le Jura au niveau du Purbeckien, prennent au Salève un développement inconnu ailleurs. Dans notre coupe des Etournelles, c'est à douze reprises qu'on les voit apparaître. Ils est vrai qu'elles sont surtout abondantes et typiques dans la partie inférieure de l'étage où les organismes d'eau douce n'ont pas encore apparu. Chacune des brèches repose toujours en concordance sur les bancs sous-jacents qui ne sont que tout à fait exceptionnellement un peu érodés (fig. 7), mais sans que discordance s'ensuive.

Nous avons surtout étudié la plus belle de toutes ces brèches, que nous avons appelée la *grande brèche* (fig. 3, n° 11 et fig. 5, n° 2); elle a une extension horizontale assez considérable et nous l'avons observée du Petit Salève jusqu'au-dessus de Pomier. Elle est superposée à un banc d'oolite dont la finesse et la régularité est plus grande que chez toutes les autres de l'étage, et est, de ce fait, facilement reconnaissable. Elle atteint une épaisseur de 0^{m},40 environ et est formée d'un ciment calcaire sublithographique dur à Foraminifères rares dans lequel les

cailloux sont si bien encastrés qu'ils se cassent avec la roche; à la base de la couche, cependant, le ciment devient parfois marneux et les cailloux peuvent être dégagés. Ces galets possèdent toutes les teintes entre le gris clair et le bleu noir, toutes les grandeurs jusqu'à un diamètre de 0m,30 environ. Ils ne sont pas disposés sans ordre; les plus gros sont à la base de la couche. Leur forme n'est presque jamais arrondie, mais au contraire très irrégulière; parfois leurs angles sont vifs, parfois arrondis; très souvent leurs faces présentent des cavités irrégulières ou arrondies, des perforations, comme s'ils avaient subi les effets de la corrosion. Ils ne se touchent pas en général, surtout à la partie supérieure du banc où ils sont de petite taille et disséminés dans le ciment. D'après leurs caractères pétrographiques, on peut distinguer des calcaires lithographiques, des calcaires oolitiques identiques au calcaire formant le banc sous-jacent et des calcaires sublithographiques très caractéristiques à petites taches plus claires arrondies, à tests de Gastéropodes très minces et noirs; ces derniers calcaires ont l'apparence de calcaires d'eau douce, nous n'y avons cependant pas constaté de débris de *Chara*.

La description précédente, qui concerne la grande brèche, peut s'appliquer en grande partie aux autres, moins épaisses et atteignant même parfois seulement quelques centimètres. Leur ciment ne devient pas marneux, en général, et leurs cailloux n'atteignent pas une aussi grande taille; nous avons observé des brèches (n° 6 de la coupe d'Aiguebelle) formées d'une accumulation de petits cailloux anguleux ne dépassant pas en moyenne un demi-centimètre de diamètre. Le ciment des brèches est le plus souvent une formation marine à Foraminifères, cependant, parfois, les galets sont agglomérés par un calcaire à *Chara* (n° 6 d'Aiguebelle). Notons encore que les premiers bancs de brèches qui apparaissent (nos 1 et 2 de la coupe de la Mule) sont formés de petits galets anguleux gris jaunâtre, mais non multicolores. Enfin, souvent les marnes contiennent des galets de teintes variées, montrant parfois des restes de *Chara*.

Origine des cailloux. La couleur bleu noir des galets avait amené autrefois quelques géologues à admettre une origine alpine, mais cette opinion est aujourd'hui complètement abandonnée. Pour Choffat, Maillard et Girardot [1], les cailloux noirs se sont formés au sein de la vase, par agglomération ou par voie d'attraction moléculaire. Pour le dernier de ces auteurs, les autres galets des brèches offrent la texture de certains calcaires du Jurassique supérieur, ou pourraient même provenir de bancs sous-jacents.

Nous pensons que non seulement une partie des galets peut provenir des

[1] Maillard, *Invertébrés du Purbeckien du Jura*, p. 150, Mém. Soc. pal. suisse, vol. 11, 1884 et Girardot, *Le Purbeckien de Pont-la-Chaux*, Bull. Soc. géol. France, (3), vol. 13, 1883-85, p. 755.

bancs sous-jacents du voisinage, mais que *tous ont une origine locale*. Nous avons déjà fait remarquer plus haut l'identité complète existant entre les cailloux oolitiques de la grande brèche et du banc sous-jacent. Il y a plus. On peut voir en quelques endroits, par exemple dans la partie supérieure de la gorge de la Mule (où a été pris le croquis fig. 7), que le banc de fine oolite qui supporte la brèche est

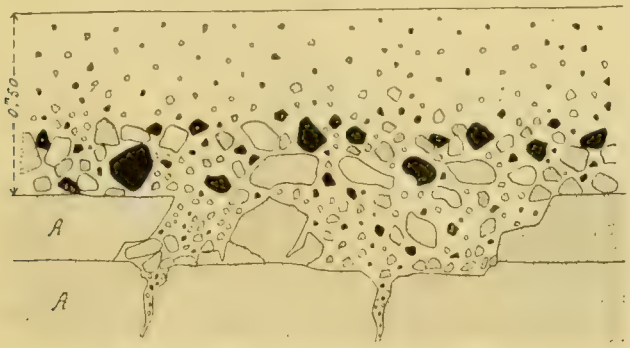


Fig. 7. — Aspect de la grande brèche à cailloux multicolores du Purbeckien, dans la partie supérieure de la gorge de la Mule, rive gauche. *A*. Banc oolitique érodé donnant naissance à des cailloux se mélangeant aux autres et formant la brèche

fissuré et érodé à sa partie supérieure, et que des galets sont en voie de se détacher et de se répandre. Les calcaires lithographiques et sublithographiques qui forment les autres galets sont d'un type qui se retouve dans tout le Purbeckien; il n'y a pas de raison qui empêche de les considérer comme provenant de bancs du voisinage.

La couleur des galets nous paraît être un caractère négligeable pour la détermination de l'origine des éléments des brèches. Nous avons, en effet, observé parmi les cailloux de calcaire sublithographique, si caractérisés par leurs taches arrondies plus claires et leurs tests noirs de Mollusques, toutes les teintes entre le gris clair et le bleu noirâtre. Il n'est cependant pas douteux pour nous que tous ces galets sublithographiques si particuliers proviennent du même banc. La même variété de coloration se voit aussi dans les galets oolitiques dont l'origine doit certainement être recherchée dans le banc sous-jacent. Pour nous, la teinte bleue plus ou moins foncée des galets est la couleur primitive due à la pyrite pigmentaire disséminée dans la masse des roches de l'étage. Ces roches ont dans la suite jauni par l'oxydation, tandis que les galets, protégés par le ciment dans lequel ils étaient plongés, n'ont pas été modifiés. Il n'est pas rare, du reste, de trouver dans le Purbeckien des bancs de calcaire, que nous avons appelé dans nos coupes « versicolore », présentant à leur

intérieur des taches bleu foncé se fondant avec le jaune ou le gris de la partie extérieure oxydée.

Mode de formation des brèches. Nous croyons avoir démontré que ces brèches contiennent des éléments d'origine toute locale, et n'ayant pas subi l'effet prolongé des vagues, puisqu'ils sont de forme tout à fait irrégulière. En outre, nous avons toujours constaté une concordance entre les nombreuses brèches que nous avons eu l'occasion d'examiner et les bancs qui les supportent, bien que ceux-ci soient parfois érodés à leur surface. Nous ne doutons pas, cependant, qu'il y ait eu quelque part des discordances, puisque les brèches contiennent des éléments autres que ceux de la couche immédiatement sous-jacente. D'autre part, comme ces éléments sont très peu variés (3 espèces dans la grande brèche), ils doivent provenir d'un très petit nombre de bancs et cela permet de conclure que les couches s'étaient bien peu éloignées de leur horizontalité.

Il est difficile de trouver une explication qui satisfasse à ces différentes conditions. MAILLARD[1] considérait les brèches comme des levées de galets; ces deux formations nous paraissent, au contraire, offrir bien peu d'analogie, les secondes étant formées principalement d'éléments roulés.

Voici la seule explication que nous avons su trouver; nous ne la donnons que comme une simple hypothèse.

Dans la région qui nous occupe, le fond de la mer a subi une série d'oscillations positives et négatives. Lors des soulèvements, ce fond, parallèle dans son ensemble à la surface de la mer, mais très légèrement ondulé, a donné naissance à des îles temporaires à relief à peine sensible où les sédiments fraîchement déposés avaient le temps de se consolider et probablement aussi de se fissurer par la dessiccation. Les vagues et les marées, faibles, attaquaient ces terres nouvelles et répandaient sous l'eau dans le voisinage, les galets qu'elles y avaient arrachés, mais leur action n'a pas été cependant suffisamment intense pour pouvoir les arrondir. Du reste, un affaissement n'a pas tardé à interrompre pour quelque temps l'action destructrice de la mer et la sédimentation marine a continué à accumuler des dépôts sur les régions récemment émergées.

Distribution du Purbeckien au Salève. Nous renvoyons à la carte et aux dessins géologiques pour la répartition de ce terrain. L'étage présente son épaisseur normale dans les couches horizontales de l'escarpement. Comme ses couches supérieures sont soit des marnes, soit des calcaires en bancs minces ou même

[1] *Invertébrés du Purbeckien du Jura*, p. 148.

plaquetés, il forme toujours un retrait qui est surplombé par la masse calcaire des couches à *Heterodiceras luci*. Cette disposition a permis aux varappeurs de tracer des sentiers très pittoresques à la limite du Jurassique et du Crétacé, sentiers qui en même temps sont d'une grande utilité pour le géologue. Tels sont le sentier des Voûtes inférieures du Petit Salève, puis au Grand Salève celui des Bûcherons supérieur, celui de la Corniche entre la Grande Gorge et l'Evorse, et enfin celui qui conduit de la Grotte d'Orjobet aux Etournelles. Les plus beaux affleurements de Purbeckien se trouvent à la Grande Varappe et dans la région des Etournelles et de la partie supérieure de la gorge de la Mule, mais ils sont peu accessibles, surtout le premier, pour celui qui n'a pas l'expérience de la montagne. L'affleurement du Sentier des Voûtes inférieures du Petit Salève, par contre, peut être atteint par tout le monde.

Nous avons aussi constaté la présence du Purbeckien dans les couches verticales du flanc NW. de l'anticlinal (pl. 11, fig. 1, p. ex.), mais quoique très reconnaissable, il est souvent très écrasé ; ainsi, au bas de la Grande Gorge, au pied NW. du rocher appelé « la Poupée », il n'a plus que 2 à 3 mètres d'épaisseur.

Cet étage se retrouve, avec les mêmes caractères qu'au Grand Salève, dans la paroi d'Archamps et au-dessus de Pomier ; mais il est difficilement accessible dans le premier de ces endroits et assez fortement recouvert par la végétation dans le second.

En dehors de notre carte, à l'extrémité SW. de la chaîne du Salève, à la Balme de Sillingy près d'Annecy, nous avons constaté l'existence du Purbeckien avec un facies analogue à celui du Grand Salève. Le sentier qui part de la Petite Balme, après s'être élevé sur les premières pentes, s'engage dans la paroi de rochers grâce au retrait taillé dans les couches supérieures un peu marneuses du Purbeckien. Comme au Grand Salève, les calcaires de l'Infravalanginien forment un surplomb très accusé. Nous avons recueilli, à cet endroit, quelques échantillons de roches qui nous ont paru les plus intéressants et nous les avons étudiés en coupe mince ou au microscope binoculaire. A partir de la limite du Jurassique-Crétacé vers le bas, nous avons constaté, nos mesures étant faites au baromètre :

A 2 mètres un calcaire sublithographique gris où les *Chara* abondent.

A 13 mètres, dans le petit escarpement qui domine un petit champ d'Iris, un calcaire analogue au précédent à nombreuses graines de *Chara*.

A 18 mètres une brèche à cailloux multicolores.

Au-dessous apparaît un complexe de calcaires compacts ou oolitiques gris clairs, puis à 30 mètres une marne et un calcaire gris brun foncé où les *Chara* pullulent.

Au-dessous, on observe, jusqu'au point où les éboulis recouvrent la pente, des

calcaires blancs oolitiques. Nous ne pensons pas qu'ils appartiennent déjà au Portlandien supérieur, car un peu plus au nord, dans des carrières en exploitation, on voit dans des couches paraissant plus profondes que les précédentes, des brèches à cailloux multicolores.

L'épaisseur du Purbeckien atteint, au Grand Salève, 40 mètres à la Varappe et 43 mètres à la Gorge de la Mule ; les premières couches d'eau douce apparaissent à 17 mètres au-dessous de la limite supérieure de l'étage dans le premier de ces endroits, à 19 mètres au second et à 21 mètres à Aiguebelle. Dans la direction de l'ouest, cette épaisseur augmente puisque nous avons observé à la Balme de Sillingy des bancs à *Chara* à 30 mètres sous le sommet de l'étage et que très probablement des brèches à cailloux noirs existent beaucoup plus bas. Nous verrons tout à l'heure que, plus à l'ouest, au Vuache, l'épaisseur augmente encore d'une façon considérable.

L'apport détritique littoral gréseux et argileux est à peu près nul dans les couches purbeckiennes du Salève. De nombreuses coupes minces de ses différentes assises, étudiées au microscope, ne nous ont pas montré un seul petit grain de quartz, sauf dans la couche marine d'origine septentrionale qui couronne l'étage. Les marnes, peu abondantes d'ailleurs, ont une faible teneur en argile.

Comparaison avec les régions voisines. Le Purbeckien du Salève diffère notablement de celui du Jura central. MAILLARD[1] a, en effet, montré qu'au nord d'une ligne passant de Foncine (Jura) à Vallorbes, le facies d'eau douce a été préparé par un facies lagunaire caractérisé par des dépôts de calcaire et de corgnieule dolomitiques, de gypse, de marnes lourdes, très argileuses, grises ou noires contenant souvent des cristaux de quartz bipyramidés, de bancs ou de rognons de grès (que nous ne considérons pas comme détritiques, car ils sont formés d'un agglomérat de petits cristaux et non de grains clastiques).

Au Salève, on n'observe rien de tout cela. Le facies d'eau douce caractérisé par des calcaires à *Chara* et à *Cypris* succède directement au facies marin pur oolitique et à Foraminifères sans que celui-ci soit toutefois supplanté définitivement, puisqu'on le voit former des enclaves à la base de celui-là.

Le Purbeckien du Jura central est toujours moins épais que celui du Salève. La puissance du premier n'atteint jamais plus de 20 à 25 mètres, tandis que celle du second dépasse toujours 40 mètres.

Dans tout le Jura méridional, au contraire, le Purbeckien a un facies analogue à celui de notre chaine. Ainsi, au Vuache, nous avons constaté son existence à

[1] *Invertébrés purbeckiens du Jura*, p. 21.

l'extrémité méridionale près de Chaumont, comme à l' extrémité septentrionale au-dessus d'Arcine. En ce dernier endroit, nous avons observé, grâce à une étude sommaire, les couches suivantes dont les épaisseurs ont été déterminées au baromètre et évaluées à partir de la limite du Crétacé et du Jurassique, limite caractérisée comme au Grand Salève par le surplomb des calcaires infravalanginiens :

A 2 mètres de cette limite un banc de calcaire gris sublithographique à *Chara* et Foraminifères;

A 5 mètres, une brèche à petits cailloux multicolores;

A 67 mètres, un banc de calcaire compact jaunâtre, clair, à graines de *Chara* très abondantes :

A 72 mètres, une brèche à cailloux multicolores.

Ce Purbeckien possède donc une épaisseur beaucoup plus considérable qu'au Salève. Il est à remarquer que, entre les différents bancs d'eau douce que nous venons de signaler, des couches oolitiques à Foraminifères sont très abondantes. Le facies marin paraît être prépondérant, les couches d'eau douce n'y forment que quelques intercalations.

Les travaux de HOLLANDE, MAILLARD, RÉVIL[1] ont montré que dans toute l'extrémité méridionale du Jura, jusqu'aux confins du département de l'Isère, le Purbeckien est formé de calcaires compacts lithographiques gris, de calcaires gris fragmentés mêlés de marnes, de calcaires marneux, de marnes à cailloux, de brèches à cailloux multicolores. Ces couches sont d'eau douce à la partie moyenne et saumâtres à la partie supérieure. L'analogie est donc très grande avec les dépôts du Salève.

Mode de formation du Purbeckien dans le Jura méridional. L'absence dans toute la région du facies des marnes argileuses à gypse et des corgnieules dolomitiques ne permet pas d'admettre que les formations d'eau douce aient pris naissance dans des lagunes qui se seraient transformées ensuite en lacs par des apports d'eau douce. Le caractère le plus étonnant des dépôts purbeckiens du Salève, du Vuache et des régions limitrophes, est l'absence de discordance sensible entre les dépôts marins et les dépôts d'eau douce. Le passage du Portlandien au Purbeckien est indiqué par l'apparition à plusieurs niveaux de brèches à cailloux multicolores, d'origine tout à fait locale, devant résulter de mouvements d'oscillation du fond de la mer. Nous avons cependant toujours vu ces singuliers dépôts en concordance sur les bancs plus anciens qui tout au plus sont partiellement érodés. Enfin, les interca-

[1] Voir pour cette question J. RÉVIL, *Géologie des chaines jurassiennes et subalpines de la Savoie.* Mém. Acad. Sc. Belles Lettres et Arts de Savoie, (5), vol. 1, p. 160, 1911.

lations marines dans les complexes d'eau douce, comme les bancs de calcaire d'eau douce dans les complexes marins, ne montrent aucune discordance. Dans ces conditions, l'explication de la formation du Purbeckien dans le Jura méridional nous paraît extrêmement difficile; nous n'en avons pas trouvé qui nous satisfasse complètement, nous voulons cependant faire part de la suivante :

La grande plateforme continentale qui bordait au sud le continent formé à la fin du Jurassique dans le nord de l'Europe centrale a subi une série d'oscillations. Lors de ses mouvements positifs, sa surface était soulevée dans une position parallèle à celle du niveau de la mer tout en présentant de très légères ondulations. Il s'est formé, de cette façon, des îles basses, à relief à peine perceptible où les sédiments, desséchés et solidifiés, servaient d'aliments aux vagues peu actives qui les répandirent dans le voisinage où la sédimentation marine se poursuivait d'une façon ininterrompue. Ces émersions, de durée fort courte, se succédaient en de nombreux endroits, alternant avec des mouvements négatifs du sol, jusqu'au moment où une oscillation positive plus forte, qui ne se fit probablement pas sentir au même moment dans toute la région, souleva la plateforme et la transforma en une plage immense à pente imperceptible. Cette plage ne tarda pas à subir un léger mouvement de bascule de façon à ce que sa partie la plus rapprochée du continent serve de bassin de réception aux eaux douces dues aux précipitations, tandis que sa partie côtière, à peine exondée et soumise à des mouvements d'oscillation, servait de barre. C'est au milieu de l'époque purbeckienne que cette barre eut le plus de stabilité, mais au commencement et à la fin, ses mouvements négatifs, probablement peu perceptibles, permirent aux invasions marines de se faire sentir dans la nappe d'eau douce jusqu'au moment où la grande transgression crétacée mit fin au régime lacustre.

Histoire de la découverte du Purbeckien au Salève. Alphonse FAVRE [**101**, § 219, p. 259] a signalé en 1863, sur le sentier de la Grande Gorge, l'existence « d'un calcaire bréchiforme à cailloux noirs qui ressemble d'une manière frappante aux couches du Purbeck des environs de Neuchâtel. » Faute d'autres preuves, le célèbre géologue ne peut être plus affirmif. La brèche en question appartient bien au Purbeckien et on peut constater, en effet, sur le sentier de la Grande Gorge, un peu avant d'atteindre la paroi dans laquelle a été fixée la « barrière de fer », que toute la partie inférieure et moyenne de cet étage est bien visible, tandis que la partie supérieure, la plus caractéristique, a été enlevée, grâce à la terminaison à cet endroit, de la faille de la Petite Gorge.

Aux carrières de Monnetier, ce même auteur constate que le Purbeckien manque, puisque les couches à *Diceras luci* sont en contact avec celles à *Natica*

leviathan. La conclusion de A. FAVRE est très compréhensible, car les couches à *Heterodiceras luci* étaient considérées à l'époque comme caractéristiques du Jurassique supérieur, tandis qu'elles doivent en réalité être rattachées à l'Infravalanginien.

Plus tard, en 1883 et en 1889, MAILLARD [**160**, p. 33 et **165**, p. 51] découvre dans une carrière, à Veyrier, un complexe de calcaire compact, de brèche à cailloux noirs et de marne à *Physa wealdiensis*, qui est sans nul doute d'âge purbeckien, mais qui appartient à de grandes masses éboulées. En effet, les couches purbeckiennes décrites par cet auteur se trouvent sur le plateau d'éboulement supporté par la terrasse fluvioglaciaire supérieure dominant Veyrier. Cet endroit est bien en dehors du flanc vertical du Salève et, pour retrouver en place les couches de cet étage, il faut, de la carrière étudiée par MAILLARD, gravir les pentes d'éboulis, atteindre les nouvelles carrières de Veyrier ouvertes dans les couches verticales de l'Infravalanginien et suivre le sentier conduisant à Pierre Longue, rocher derrière lequel le Purbeckien forme un couloir très étroit et très rapide.

A Monnetier, et pour les mêmes raisons que A. FAVRE, MAILLARD cherche le Purbeckien entre les couches à *Heterodiceras luci* (infravalanginiennes comme nous l'avons dit) et celles à *Natica leviathan*, il observe un passage graduel des unes aux autres sans intercalations de bancs d'eau douce et il conclut que la rive du lac purbeckien devait se trouver entre Veyrier et Monnetier.

Il peut paraître étonnant que le Purbeckien n'ait pas été découvert plus tôt en situation normale au Salève où il est pourtant bien développé. Cependant, les seules voies d'accès conduisant à cette montagne et traversant les formations jurassiques dont pouvaient disposer les géologues de l'époque de A. FAVRE et de MAILLARD étaient le Pas de l'Echelle-chemin des Treize Arbres et le sentier de la Grande Gorge. Le premier de ces deux chemins passe par une région disloquée grâce à la faille de la Petite Gorge, de sorte que le Purbeckien, difficilement visible du reste, ne se trouve pas en situation normale. Nous avons vu également que, sur le sentier de la Grande Gorge, la série purbeckienne est incomplète.

Un autre obstacle à la découverte de cet étage a été que les couches à *Heterodiceras luci* étaient considérées comme caractéristiques du Jurassique supérieur. Dès lors, il est tout naturel que les géologues n'aient pu trouver cette assise d'eau douce au-dessus de ces couches qui sont en réalité infravalanginiennes. Il est curieux, cependant, que personne n'ait fait mention des couches purbeckiennes qui se voient fort bien au Château de Monnetier et le long du sentier des Voûtes inférieures du Petit Salève, que tous les géologues qui se sont occupés du Salève ont visitées. C'était autrefois le seul affleurement bien caractérisé qui fût très facilement accessible. Aujourd'hui, les varappeurs ont établi de nombreux sentiers et

passages, parfois d'une grande hardiesse, dans les parois très escarpées du Grand Salève. Si nous avons pu apporter plus de précision dans la stratigraphie de cette montagne, c'est pour une part à eux que nous le devons, car nous pouvons bien dire que jamais nous n'aurions tenté d'étudier la superbe coupe de terrains qu'on trouve à la gorge de la Varappe, si les passages n'avaient été étudiés avec soin par les amateurs d'alpinisme.

CRÉTACÉ

Les premières couches infravalanginiennes reposent, au Salève, en concordance sur les dépôts jurassiques. Si la grande transgression crétacée n'est pas indiquée ici par une discordance, elle est toutefois très manifeste. En effet, nous avons vu précédemment que, durant tout le Jurassique supérieur, la sédimentation, très tranquille, ne fut pas troublée par l'apport d'éléments détritiques littoraux. Les petits grains de quartz font toujours défaut pendant cette période, sauf dans la couche marine d'origine septentrionale qui couronne le Purbeckien où ils se montrent en très petite quantité. Ils apparaissent dès les premières assises crétacées et il est bien peu de couches de l'Infravalanginien, du Valanginien et de l'Hauterivien qui n'en contiennent. Parfois, surtout dans l'Hauterivien, ces grains, dans les marnes et les calcaires gréseux, forment une proportion atteignant le 40 %. Il arrive aussi surtout dans l'Infravalanginien, que d'autres minéraux en petits grains, comme la tourmaline, la glauconie et le zircon (?) accompagnent le quartz, mais en quantité minime.

Tandis que les dernières couches purbeckiennes à faunule naine sont l'indice d'un régime marin hésitant, venant du Nord, les premières couches crétacées attestent une invasion marine tout à fait franche et vigoureuse d'origine méridionale. Elles sont constituées, en effet, par des calcaires zoogènes contenant d'abord le genre *Toxaster* inconnu jusqu'alors dans la région puis, plus tard, le genre *Heterodiceras*. Le contraste si tranché entre les deux terrains qui sont à la limite des périodes jurassique et crétacée est encore rehaussé par le fait que la surface du dernier banc purbeckien est perforée par les Mollusques lithophages.

L'Eocrétacé seul est représenté au Salève. Les premiers étages du Mésocrétacé, qui existaient très probablement dans la région, ont été complètement enlevés par les grandes érosions de la fin de la période et de celles du commencement de l'époque tertiaire.

INFRAVALANGINIEN

Cet étage se divise au Salève en deux parties :

a) Assise à *Heterodiceras luci* à la base.

b) Assise à *Natica leviathan* à la partie supérieure.

a) Assise à Heterodiceras luci.

Cette assise, qui atteint 22 mètres, forme un massif de composition assez homogène déterminant, en général, dans l'escarpement du Grand et du Petit Salève, une paroi abrupte dominant les pentes relativement douces dues au Purbeckien.

La coupe fig. 8 a été levée dans la gorge de la Grande Varappe (voir pl. 10, fig. 3). Les complexes 1 à 3 y représentent l'assise à *Heterodiceras luci*.

Le complexe n° 1 est formé de microbrèches zoogènes où les fossiles entiers sont rares. Un *Toxaster* y est disséminé; identique par sa forme à *T. granosus* d'Orb., il ne peut être déterminé exactement, la surface de son test étant toujours encroûtée. On y trouve encore *Rhynchonella corallina* Leym. var. *neocomiensis* Jacob et Fallot et *Pleuromya* aff. *voltzi* Ag.

Entre les complexes 1 et 2 s'intercale, dès la gorge de l'Evorse vers l'ouest, un banc de calcaire marneux où les Brachiopodes sont assez abondants. Nous y avons recueilli :

Pecten rochati de Lor.

Rhynchonella corallina Leym. var. *neocomiensis* Jacob et Fallot.

Terebratula carteroni d'Orb.

Zeilleria aff. *hoheneggeri* Suess.

Toxaster cfr. *granosus* d'Orb.

Nous n'avons rien à ajouter au sujet du *complexe n° 2*, formé de calcaires oolitiques gris blanchâtre à Foraminifères, sinon qu'on y rencontre rarement aussi *Rhynchonella corallina* Leym. var. *neocomiensis* Jacob et Fallot.

Le *complexe n° 3* est formé, à la gorge de la Varappe, de brèches zoogènes oolitiques dont les éléments roulés peuvent atteindre la dimension d'un pois. Sporadiquement, ce niveau devient fossilifère et contient alors la faune typique des récifs. Tel est le cas dans la paroi d'Archamps et sur le sentier de la Traversière conduisant du Beulet aux Pitons, où l'on peut observer *Heterodiceras luci* (Defr.). Mais c'est surtout près de Monnetier que cette couche est fossilifère; c'est là que DE LUC a recueilli il y a plus d'un siècle les superbes échantillons de l'*Heterodiceras*

qui porte son nom et qui ont été figurés pour la première fois en 1779 par H. B. DE SAUSSURE dans son *Voyage dans les Alpes*. Malheureusement, ce célèbre gisement n'est plus visible aujourd'hui, il se trouve dans une ancienne carrière entièrement comblée par les déblais des carrières qui sont actuellement en exploitation. La photographie pl. 10, fig. 1 permet toutefois de se rendre compte de sa situation, car on aperçoit de part et d'autre de l'ancien chemin qui conduit de Monnetier au Salève (*ac* de la figure) les déblais qui en proviennent, déblais dans lesquels, en effet, nous avons trouvé deux valves d'*Heterodiceras luci*. La roche qui contient cette faune coralligène, appelée Oolite corallienne par A. FAVRE, est une brèche zoogène oolitique un peu crayeuse, gris jaunâtre, dont les éléments, roulés, fins en général, peuvent atteindre parfois toutes les dimensions jusqu'à celle d'une noix. Elle se distingue toujours facilement des roches similaires du Kimeridgien et du Portlandien de la région qui sont d'un blanc beaucoup plus pur. DE LORIOL [**100**] a confondu la faune coralligène de Monnetier avec celle du Kimeridgien des autres parties du Salève. Nous avons repris tout le matériel ayant servi à ce paléontologiste et nous avons séparé ce qui appartient au Jurassique de ce qui est crétacé. On trouvera, dans la partie paléontologique de cette étude, de plus amples renseignements sur ce sujet. Ici, nous nous contenterons d'énumérer les espèces recueillies dans cette couche.

Pyrina icaunensis? Cott.
Rhynchonella corallina Leym. var. *neocomiensis* Jacob et Fallot.
Pecten rochati de Lor.
Lima monetieri n. sp.
Pinnigena saussuri Desh.
Lithodomus luci de Lor.
Corbis salevensis de Lor.
Diceras escheri de Lor.
Heterodiceras luci (Defr.).
Cardium (Pterocardia) corallinum Leym. var. *alatum* de Luc.
Natica dejanira? d'Orb.
Nerinea dilatata? d'Orb.
Phaneroptyxis renevieri? de Lor.
Cryptoplocus depressus? Voltz.
Pseudonerinea clio (d'Orb.).
Prosopon oxythyreiforme G. Gemm.

Les Coraux sont abondants, mais encroûtés et peu déterminables. KOBY [**155**] y a cependant reconnu les espèces suivantes :

Pleurosmilia genevensis Koby.
Rhipidogyra minima Koby.
Chorisastrea glomerata Koby.
Latimaeandra variabilis Et.
Latimaeandra valfinensis Koby.
Latimaeandra bonanomii Koby.
Latimaeandra gresslyi Koby.
Leptophyllia fromenteli Et.
Thamnastrea genevensis Defr.
Thamnastrea coquandi Et.
Thamnastrea bourgeati Koby.
Thamnastrea loryi E. et H.

Il nous reste encore à démontrer que cette assise à *Heterodiceras luci* est bien crétacée et non jurassique comme on l'avait cru jusqu'à présent. Pour le faire

plus aisément, nous y reviendrons à la fin de ce chapitre, quand l'Infravalanginien tout entier aura été décrit.

b) Assise à Natica leviathan.

Les deux coupes fig. 8 et fig. 9 ont été levées l'une à la Grande Varappe (voir pl. 10, fig. 3), l'autre près de Monnetier, dans les carrières du versant du Grand Salève (pl. 10, fig. 1). La première est facile à étudier, car toutes les couches y sont visibles avec une grande netteté. Il n'en est pas de même à Monnetier, où les bancs situés entre les différentes carrières ne peuvent pas très aisément être raccordés avec les autres. Si nous avons donné ici cette seconde coupe, très semblable à la précédente, c'est que la Gorge de la Varappe est difficilement accessible et que le gisement classique de l'Infravalanginien du Salève est Monnetier.

Nos coupes sont suffisamment détaillées pour que nous n'ayons pas besoin d'insister sur leur description. Nous dirons seulement quelques mots des couches qui sont les plus caractéristiques ou de celles qui peuvent servir de points de repère.

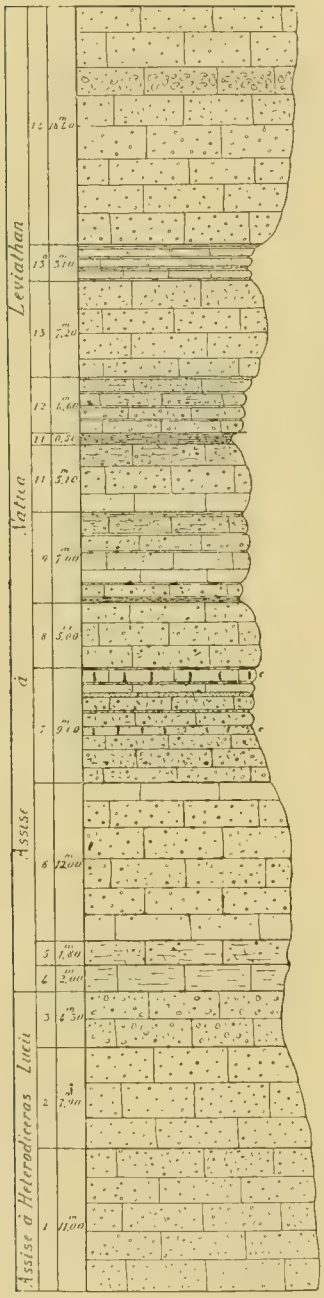
La couche à Toxaster granosus (n° 4, fig. 8), directement superposée aux couches à *Heterodiceras luci,* se voit surtout entre les gorges du Sarrot et de la Varappe. Elle n'affleure pas à Monnetier où elle est enfouie sous d'anciens déblais ; nous y avons recueilli :

Toxaster granosus d'Orb., assez abondant.
Natica pidanceti Coq.
Acrosalenia patella (Ag.).
Modiola montmollini (P. et C.).

Les couches gréseuses à empreintes charbonneuses (n° 7) se trouvent à la partie supérieure de la carrière inférieure de Monnetier, un peu au-dessus des calcaires clairs farineux. A. Favre [**101**, I, § 219] a déjà fait remarquer que les empreintes charbonneuses sont toujours verticales ; elles appartiennent peut-être à des Algues.

Les bancs à Natica leviathan et le *banc de fer* dont parle A. Favre [**101**, I, § 219] forment la base de la carrière moyenne de Monnetier. Le fossile dont il est question ici n'est pas localisé à ce niveau, mais il s'y trouve en beaucoup plus grande abondance qu'ailleurs.

La couche marneuse à Terebratula valdensis et à Spirocyclina erratica (n° 11)



14. Calcaires oolitiques gris clair ou bancs de microbrèche zoogène de même couleur, à **Foraminifères** parfois très abondants. Un banc de **Rudistes**. Pas de grains de quartz détritiques.

13 *a*. Marno-calcaire grumeleux un peu gréseux à **Rhynchonella corallina** var. **neocomiensis**.

13. Microbrèches zoogènes gris clair ou rousses et calcaire oolitique gris blanchâtre, un peu gréseux.

12. Marno-calcaire gréseux, roux, à **Natica leviathan**, et microbrèches zoogènes un peu gréseuses

11. Marne gréseuse grise à **Terebratula valdensis.**

10. Microbrèche zoogène grumeleuse, rousse, gréseuse, et calcaire lithographique de même couleur, un peu gréseux.

9. Alternances de calcaires gréseux, grumeleux, bruns ou versicolores, à **Natica leviathan**, de microbrèches zoogènes un peu gréseuses, et de marnes gréseuses.

8. Microbrèches calcaires zoogènes grises, un peu gréseuses, à **Foraminifères.**

7. Alternances de grès marneux gris, de marnes gréseuses à empreintes charbonneuses de végétaux (c), avec des microbrèches zoogènes gréseuses, grises et des calcaires sublithographiques gréseux, gris.

6. Microbrèches zoogènes oolitiques et calcaires oolitiques de couleur claire, parfois à apparence farineuse. Quelques bancs de calcaire lithographique. **Foraminifères** parfois assez abondants, pas ou peu de grains de quartz.

5. Microbrèche zoogène un peu marneuse.

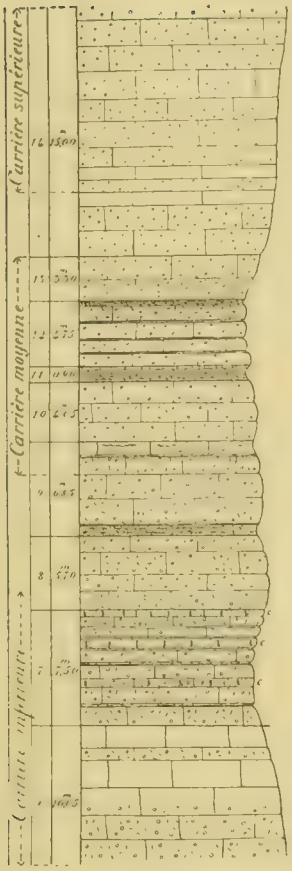
4. Calcaire un peu marneux, grumeleux, à **Toxaster granosus.**

3. Microbrèches zoogènes parfois oolitiques à **Foraminifères.** Grains de quartz en petite quantité. A Monnetier, faune coralligène à **Heterodiceras luci.**

2. Calcaires oolitiques gris ou blanchâtres, à **Foraminifères.**

1. Microbrèches zoogènes grises ou brun clair, parfois sublithographiques. **Foraminifères** assez abondants. **Toxaster** aff. **granosus.** Grains de quartz détritique en petite quantité.

Fig. 8. — Coupe de l'Infravalanginien à la Grande Varappe. Echelle 1 : 500.



14. Calcaires oolitiques clairs, à ciment cristallin. Microbrèches zoogènes souvent oolitiques, de même couleur; rarement calcaires sublithographiques gris clair. Les **Foraminifères** existent toujours, parfois très abondants. Pas de grains de quartz détritiques.

13. Microbrèche gréseuse grise, grumeleuse à la base. **Foraminifères** abondants.

12. Bancs de microbrèche marno-calcaire, grumeleuse, grise ou versicolore, un peu gréseuse, et de calcaire oolitique roux ou bleu, très riche en **Foraminifères** et sans grains de quartz. Minces lits marneux, gréseux entre ces bancs.

11. Marne grise gréseuse à **Terebratula valdensis** et à **Spirocyclina erratica.**

10. Microbrèches zoogènes rousses ou bleues, pyriteuses, sans grains de quartz, **Foraminifères** peu abondants.

9. Calcaire noduleux, un peu gréseux, gris ou bariolé de verdâtre, sublithographique, à **Natica leviathan**; microbrèches zoogènes grises, plus ou moins gréseuses, parfois marno-grumeleuses.

8. Microbrèches calcaires zoogènes et calcaires oolitiques gris roux ou bleus, à ciment cristallin, un peu gréseux à la base et au sommet du complexe. **Foraminifères** peu abondants.

7. Alternances de calcaire gréseux ou de grès marneux gris à empreintes charbonneuses de végétaux (c) et de minces lits marneux, avec des microbrèches zoogènes grises, bleues ou versicolores, à **Foraminifères** plus ou moins abondants.

6. Microbrèches zoogènes calcaires, gris clair, parfois à apparence farineuse et calcaires compacts gris clair. **Foraminifères** plus ou moins abondants. Pas ou presque pas de grains de quartz détritiques.

Fig. 9. — Coupe de l'Infravalanginien aux carrières de Monnetier. Echelle 1 : 500.

est facilement reconnaissable partout au Grand Salève. A Monnetier, elle se trouve à mi-hauteur de la carrière moyenne, sur le versant du Grand Salève. On y trouve :

Alectryonia tuberculifera (Koch et Dunker). Vallon de Monnetier, versant du Grand Salève.

Terebratula valdensis de Lor.; partout.

Phyllobrissus neocomiensis (Ag.). Vallon de Monnetier, versant du Grand Salève.

Spirocyclina erratica n. sp. Vallon de Monnetier, assez abondante sur le versant du Petit Salève, très rare sur l'autre.

La couche à Rynchonella corallina var. *neocomiensis* (n° 13 *a*) a une extension horizontale très restreinte; nous ne l'avons constatée que dans la région des gorges de la Varappe et de l'Evorse. Elle contient de nombreux Spongiaires et *Rhynchonella corallina* Leym., var. *neocomiensis* Jacob et Fallot, de très petite taille.

Faune de l'assise à Natica leviathan. Elle n'est pas très riche. De Loriol [**101**] a décrit un certain nombre d'espèces de ce terrain, et nous-mêmes en avons signalé quelques-unes qui n'étaient pas connues jusqu'ici au Salève. Ce sont :

Pycnodus couloni? Ag., complexe n° 10, Monnetier.

Nerinea favrina P. et C., à plusieurs niveaux.

Nerinea marcousana d'Orb., à plusieurs niveaux.

Nerinea funifera P. et C., à plusieurs niveaux.

Cerithium? brotianum de Lor., complexe n° 9.

Harpagodes desori (P. et C.), complexe n° 9.

Aporrhais saussureanus de Lor., complexe n° 9.

Aporrhais valangiensis P. et C., niveau indéterminé.

Natica pidanceti Coq., Couche à *Toxaster* (n° 4), au Sarrot.

Natica leviathan P. et C., à plusieurs niveaux, mais surtout à la partie supérieure du complexe n° 9.

Pholadomya elongata Münst. var. *scaphoidea* P. et C., complexe n° 9, à la Varappe.

Modiola montmollini (P. et C.), couche à *Toxaster* (n° 4), Sarrot.

Alectryonia tuberculifera (Koch. et Dunk.), couche à *Terebratula valdensis* (n° 11). Carrière moyenne de Monnetier.

Rhynchonella corallina Leym. var. *neocomiensis* Jacob et Fallot, complexe n° 13 *a*. Varappe.

Terebratula valdensis de Lor., complexe n° 11, partout au Grand Salève.

Toxaster granosus d'Orb., complexe n° 4. Sarrot, Varappe.

Phyllobrissus neocomiensis (Ag.), couche à *Terebratula valdensis* (n° 11), Monnetier.

Pygurus rostratus Ag., niveau indéterminé, très probablement n^{os} 12 ou 13, Monnetier. (Communiqué par M. Gysin).

Acrosalenia patella (Ag.), couche à *Toxaster granosus* (n° 4), Sarrot.

Spirocyclina erratica n. sp., couche à *Terebratula valdensis* (n° 11), Monnetier.

Détermination de l'âge des couches à Heterodiceras luci. Le fossile

donnant le nom à ces couches a été considéré jusqu'ici comme caractéristique du facies tithonique coralligène. Nous avons déjà dit plus haut, sans le démontrer, que ces couches devaient être placées à la base de l'Infravalanginien. Maintenant que nous avons étudié les assises qui leur sont superposées et infraposées, nous sommes en mesure de déterminer exactement leur âge.

Il est nécessaire, avant tout, de situer exactement le point où DE LUC a recueilli ses *Heterodiceras* qu'on ne peut plus trouver en place aujourd'hui. Dans les *Voyages dans les Alpes* de H.-B. DE SAUSSURE, chap. VII, § 244, DE LUC dit : « Ces coquilles [*Heterodiceras luci*] se trouvent dans une carrière de pierre à chaux, située dans la gorge de Monnetier, à peu près au tiers de la hauteur de la montagne. » Dans des notes manuscrites accompagnant ses *Heterodiceras* et ses Coraux, le même auteur dit encore : « Toutes les pierres de ce tiroir sont de la carrière de Salève qui est sur le chemin de Moneti [Monnetier] à l'angle de la face [NW. du Salève]. D'autres notes nous apprennent encore que la carrière en question était située à main gauche du chemin dont nous venons de parler et à dix minutes de Monnetier. En outre, nous avons recueilli des valves d'*Heterodiceras luci* dans des déblais (*ac*, pl. 10, fig. 1) d'une carrière aujourd'hui entièrement comblée, dont la position correspond tout à fait à celle indiquée par DE LUC. C'est donc bien là le gisement exact du célèbre fossile dont l'âge peut être maintenant déterminé facilement. En effet, cette ancienne carrière est située à quelques mètres au-dessous de la carrière inférieure actuelle (pl. 10, fig. 1, *ci*), c'est-à-dire un peu au-dessous de notre complexe n° 9 de l'Infravalanginien. Or, la coupe de la Varappe (fig. 8) permet de voir qu'entre ce complexe n° 9 et le Purbeckien, il y a 27 mètres de couches. L'assise à *Heterodiceras* se place donc forcément parmi elles, donc dans l'Infravalanginien. De plus, la preuve directe peut aussi être donnée. Si l'on monte au Grand Salève par le petit sentier qu'on voit serpenter à la gauche de la fig. 1, planche 10, on peut observer, au point que nous avons désigné par les lettres *br*, une belle brèche à cailloux versicolores caractéristique du Purbeckien inférieur. Comme à partir de ce point vers la gauche, les couches sont horizontales et n'ont subi aucun dérangement, nous pouvons conclure avec la plus grande certitude que les couches à *Heterodiceras* sont au-dessus de ce Purbeckien. Nous avons, du reste, retrouvé ce Rudiste, assez mal conservé il est vrai, dans la paroi d'Archamps et sur le sentier de la Traversière, au-dessus des couches d'eau douce du Jurassique supérieur.

Le facies coralligène à Rudistes du Salève, attribué autrefois tout entier au Jurassique, se trouve donc à deux niveaux très différents, l'un Infravalanginien, caractérisé par Heterodiceras luci, l'autre Portlandien inférieur avec Diceras spe-

ciosum, Matheronia salevensis et Valletia antiqua, tous deux étant séparés par 80 mètres de couches appartenant au Purbeckien et au Portlandien supérieur.

Observations sur les divisions de l'Infravalanginien établies par A. Favre. Il nous a semblé utile d'établir la correspondance entre les divisions établies par A. FAVRE [**101**, I, § 219-221] et les nôtres :

La partie supérieure de l'*Oolithe corallienne* formée de calcaires blanchâtres et farineux.	Correspond à notre complexe n° 6.
L'*Assise du Banc de fer* dans laquelle A. FAVRE cite la couche à *Natica leviathan* et un calcaire marneux bleuâtre et brunâtre traversé par de nombreuses veines charbonneuses verticales.	Ne peut se rapporter qu'à nos complexes 7 à 9. Les couches charbonneuses ne sont pas au-dessus du Banc de fer et de la couche à *Natica leviathan*, mais au-dessous. Le banc que les ouvriers appellent Banc de fer se trouve au sommet de notre complexe 9.
L'assise du calcaire à Nerinea favrina et N. marcousana, qui se trouve immédiatement au-dessous du Grand banc et qui est formée de marnes et de calcaires marneux.	Correspond à nos complexes nos 10 à 13.
L'assise du Grand banc, constituée par des calcaires jaunâtres, blanchâtres, très blancs à la partie supérieure, située immédiatement sous le Calcaire roux.	Correspond à notre complexe n° 14.

Comparaison de l'Infravalanginien du Salève avec celui des régions voisines. Abstraction faite de l'assise à *Heterodiceras luci* qui n'a jamais été signalée dans le Jura, l'Infravalanginien du Salève ne diffère pas sensiblement de celui du Jura central. D'après BAUMBERGER [**195**bis, p. 52], dans cette dernière région, sa partie inférieure est formée d'alternances de calcaires oolitiques, de marno-calcaires et de marnes, tandis que les calcaires oolitiques et les calcaires compacts jouent un rôle essentiel dans sa partie supérieure. Ces caractères sont donc ceux qu'on retrouve dans notre chaîne, quoique la partie inférieure, plus ou moins marneuse, soit ici notablement plus épaisse.

Le caractère détritique littoral de toute la partie moyenne de l'étage n'a pas encore été signalé dans le Jura. Il est probable que cela provient du fait que dans les formations gréseuses, les grains de quartz sont fort petits et ne se reconnaissent pas facilement à première vue.

L'épaisseur de l'étage augmente du nord vers le sud, dans le Jura central, d'après les constatations de BAUMBERGER [**195**^{bis}, p. 52] qui donne les épaisseurs suivantes :

Villers-le-Lac : 15-22^{m};

Lac de Neuchâtel : 42-45^{m} ;

Plateau de Nozeroy : 35-50^{m}.

Au Vuache, d'après SCHARDT [**171**, pl. 10], il atteint 67^{m} [1] et nous lui avons trouvé 75^{m} au Salève (sans compter l'assise à *Heterodiceras luci* qui en mesure 23).

Dans le Jura savoisien, si les calcaires marneux à Brachiopodes désignés par le n° 2 dans les coupes de RÉVIL [**206**, p. 525] sont bien l'équivalent de la Marne d'Arzier, l'Infravalanginien, quoique formé de calcaires blancs ou blanc jaunâtre, en gros bancs à Nérinées et à Natices, est fort différent du nôtre par son épaisseur beaucoup plus faible (40 mètres à la Cluse de Chailles).

L'Infravalanginien schisteux des régions alpines du voisinage du Salève n'a aucune analogie avec celui que nous venons de décrire.

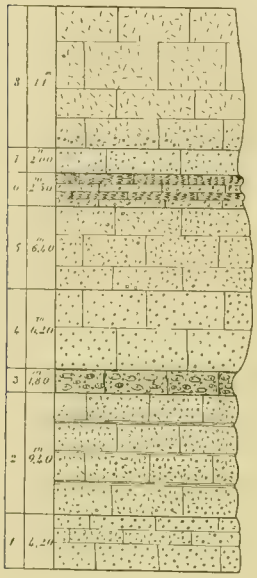
VALANGINIEN

(Calcaire roux et Calcaire à Alectryonia rectangularis).

Le Valanginien du Salève a déjà été étudié par A. FAVRE [**101**, § 222 et § 223], de sorte que nous aurons peu de chose à dire à son sujet. La coupe que nous donnons (fig. 10) a été levée dans la gorge de la Grande Varappe. Le Calcaire roux y est représenté par les n^{os} 1 à 7, le Calcaire à *Alectryonia rectangularis* par le n° 8. Nous attirons l'attention sur le complexe n° 3 formé de galets oolitiques bleus ou roux, roulés et aplatis, parfois perforés par des Mollusques lithophages. Ces galets sont empâtés dans une microbrèche zoogène tendre où les débris d'Echinodermes et de Bryozoaires sont abondants. Cette couche curieuse, dont le caractère rappelle celui d'une plage de galets, indique donc une émersion au milieu de l'étage, fait intéressant et non signalé encore.

[1] Nous ne comprenons pas, dans cette épaisseur, les 18 mètres de calcaires et de lits marneux de la base de la coupe (assise n° 1) qui appartiennent au Purbeckien.

Les limites de l'étage, qui atteint 44 mètres d'épaisseur, sont bien tranchées. Tandis que les calcaires blancs zoogènes à nombreux Foraminifères et à Rudistes des



8. Calcaires spathiques roux ou bleus à **Alectryonia rectangularis**. Glauconie et grains de quartz détritiques en petite quantité.

7. Microbrèche calcaire zoogène gris bleu à pyrite. Glauconie et grains de quartz détritiques en petite quantité.

6. Microbrèches calcaires zoogènes à pyrite et à grains de quartz alternant avec des bancs silicifiés.

5. Microbrèche zoogène rousse, à limonite pigmentaire. Grains de quartz détritiques assez abondants.

4. Calcaire oolitique roux à ciment cristallin, peu de quartz détritique.

3. Calcaire-brèche zoogène à galets de plage.

2. Microbrèche zoogène rousse ou gris bleu, un peu marneuse dans sa partie moyenne, pyriteuse, à ciment de calcite impure, quartz détritique en petite quantité.

1. Calcaires oolitiques et microbrèche zoogène gris bleu, pyriteux, roux dans les parties oxydées. Grains de quartz détritiques en petite quantité.

Fig. 10. — Coupe du Valanginien, à la Grande Varappe. Echelle 1 : 500.

dernières couches de l'Infravalanginien témoignent d'une grande tranquillité dans la sédimentation, les premiers bancs du Valanginien indiquent un changement de régime par l'apparition de grains de quartz détritiques et de la pyrite qui colore les roches en bleu foncé ou en roux après oxydation. Ces deux éléments se retrouvent à travers tout l'étage, et la glauconie, qui jouera un grand rôle dans l'Hauterivien, apparaît dans les bancs à *Alectryonia rectangularis*.

La limite supérieure est aussi nettement indiquée, car l'Hauterivien commence par des alternances de marnes grises gréseuses et de microbrèches zoogènes qui diffèrent sensiblement des calcaires spathiques à *Alectryonia rectangularis*.

Les fossiles sont rares dans le Valanginien. A. Favre [*loc. cit.*] a signalé dans le Calcaire roux *Cidaris pretiosa* Desor. à la Grande Gorge, De Loriol [88, p. 7] a rencontré dans le calcaire à *Alectryonia rectangularis* :

Pleurotomaria neocomiensis d'Orb.
Pleurotomaria bourgueti Ag.
Pecten archiacianus d'Orb.

Alectryonia rectangularis Rœm.
Ostrea leymerii d'Orb.
Terebratula praelonga Sow.
Toxaster retusus (Lm.).
Pyrina pygæa Desor.

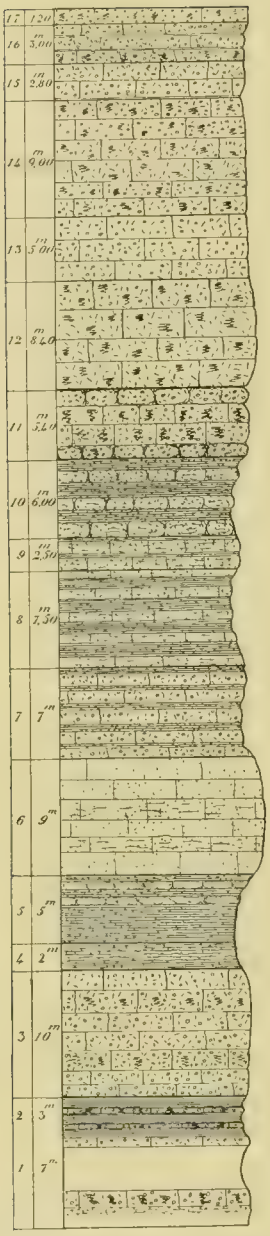
A. FAVRE a placé les calcaires à *Alectryonia rectangularis* dans l'Hauterivien. Aujourd'hui encore, l'accord n'est pas fait entre les géologues, mais il semble cependant qu'il faille plutôt classer cette assise dans le Valanginien. Au Salève, rien ne permet de trancher la question, les fossiles étant rares et insignifiants. Mais, comme le Calcaire roux passe par une transition ménagée au Calcaire à *Alectryonia rectangularis* et que ces deux assises forment un tout bien défini, nous les réunissons dans le même étage.

Comparaison avec les régions voisines. Le Valanginien revêt, au Salève, un facies plus uniforme que dans les régions avoisinantes. En effet, on ne trouve pas trace ici des Marnes d'Arzier, du facies à limonite pisolitique, des Marnes à Bryozoaires et des Marnes à *Astieria*, qui se trouvent fréquemment dans le Jura. BAUMBERGER [**195**^{bis}, p. 52] a montré que le Valanginien augmente d'épaisseur vers le Sud. Cet étage, qui a 4-5^{m} aux Villers, 13 à Neuchâtel, 24 à S^{te}-Croix, 39 au Vuache (d'après SCHARDT), mesure en effet 44^{m} au Salève.

HAUTERIVIEN

La coupe que nous donnons de cet étage (fig. 11) a été levée, pour la partie inférieure (jusqu'au n° 10), dans la gorge de la Varappe, et pour la partie supérieure, dans la paroi de la rive gauche de la Petite Gorge. Elle est suffisamment détaillée pour que nous n'ayons pas besoin de passer en revue tous les complexes qui la composent. Nous nous bornerons à donner quelques considérations générales sur l'étage et à dire quelques mots sur les couches qui présentent un intérêt particulier. L'Hauterivien du Salève, qui atteint 94^{m}, est divisé, comme dans le Jura, en 2 parties à facies très différent : la partie inférieure à facies marneux atteint 59^{m}, la partie supérieure à facies calcaire en mesure 35.

Partie inférieure (équivalent des **Marnes d'Hauterive**). Les couches marneuses et marno-calcaires, bleues, grises ou rousses quand la pyrite qu'elles contiennent a été oxydée, y prédominent. Elles sont toujours plus ou moins gréseuses, parfois même très fortement. A la base de l'assise, ces roches contiennent peu de



17. Microbrèche calcaire, jaune roux, zoogène, oolitique, sans glauconie, à débris de fossiles silicifiés.
16. Microbrèche marno-calcaire, jaune roux, zoogène, pauvre en glauconie et en grains de quartz, parfois à fossiles silicifiés.
15. Microbrèche calcaire oolitique, zoogène, pauvre en glauconie, riche en quartz. **Toxaster retusus.**

14. Calcaires spathiques roux et brèches oolitiques, zoogènes, rousses, très glauconieuses, mais pauvres en grains de quartz. Débris de fossiles silicifiés très abondants.

13. Microbrèche zoogène rousse, riche en quartz, en glauconie et en limonite pigmentaire.

12. Calcaires spathiques roux et brèches zoogènes oolitiques rousses à glauconie et à grains de quartz. Débris de fossiles silicifiés très abondants.

11. Microbrèches zoogènes marno-calcaires, rousses, gréseuses, riches en glauconie, en limonite et pyrite pigmentaire; débris de fossiles silicifiés; **Foraminifères.**
10. Marnes et marno-calcaires gréseux, gris bleu; **Toxaster retusus.**

9. Marno-calcaires et marnes, très gréseux, gris bleu, à grains de pyrite, très riches en glauconie.

8. Marnes et marno-calcaires, très gréseux, gris bleu, à grains de pyrite, riches en glauconie.

7. Alternances de microbrèches zoogènes gris bleu foncé à pyrite et à glauconie et de marnes gréseuses grises, glauconieuses.

6. Calcaires gris clairs ou roussâtres, extrêmement gréseux, durs, à glauconie rare, parfois silicifiés, parfois un peu marneux.

5. Marnes grises gréseuses et calcaires marneux gréseux, à glauconie rare.
4. Marnes argileuses panachées de bleu et de jaune et marne verte. Très riche faune.
3. Microbrèche zoogène calcaire, bleue ou rousse, parfois spathique, pas ou peu de quartz, glauconie assez abondante, bancs à débris de fossiles silicifiés. **Foraminifères** parfois assez abondants.

2. Microbrèches zoogènes calcaires, grises, un peu gréseuses et glauconieuses, à débris de fossiles silicifiés, et marnes grises.
1. Microbrèches calcaires zoogènes rousses, faiblement gréseuses, à débris de fossiles silicifiés et marnes gréseuses grises; une partie de la coupe est recouverte.

Fig. 11. — Coupe de l'Hauterivien à la Grande Varappe et à la Petite Gorge. Echelle 1 : 500.

glauconie, mais au sommet, ce silicate est en forte proportion, surtout dans le complexe n° 9 ainsi que le montre la figure 6, planche 14. Cette glauconie apparaît sous la forme de grains arrondis, d'un vert très foncé, sensiblement plus gros que ceux de quartz.

Les calcaires du complexe n° 6, durs, sont à pâte fine, leur teneur en grains de quartz est extrêmement grande (jusqu'à 42 %), ce sont presque des grès. La glauconie, par contre, y est peu abondante. Parfois, ces calcaires ont encore subi un commencement de silicification.

Toutes les couches dont nous venons de parler sont essentiellement détritiques, les débris d'organismes y jouent un rôle insignifiant. Les résidus de l'attaque par l'acide chlorhydrique de quelques échantillons de ces roches sont les suivants :

Complexe n° 4 : 41 % surtout argileux.
Complexe n° 6 : 42 % presque exclusivement siliceux.
Complexe n° 9 : 58 % glauconieux, quartzeux et argileux.
Complexe n° 11 : 25 % quartz, glauconie, argile et limonite.

A plusieurs reprises, par contre, des calcaires essentiellement zoogènes (n^os^ 1, 2, 3, 7) s'intercalent dans les formations précédentes. Ce sont des microbrèches parfois oolitiques, parfois spathiques, à débris d'organismes très variés, mais où les Foraminifères jouent un rôle très peu important. Elles sont très semblables à celles que nous avons décrites dans le Valanginien et à celles de la partie supérieure de l'Hauterivien. Elles sont en général bleu foncé, grâce à la pyrite qui s'y rencontre, parfois rousses, lorsque ce sulfure a été transformé en limonite. Souvent, elles contiennent des éléments d'origine détritique constitués principalement par de petits grains de quartz, surtout dans le complexe n° 7, mais la partie argileuse n'y est pas considérable. La glauconie existe aussi presque toujours dans ces formations zoogènes et c'est dans les couches les plus élevées (n° 7) qu'elle est en plus grande quantité.

Au point de vue paléontologique, ce sont les couches du complexe n° 4 qui sont de beaucoup les plus importantes. C'est là que DE LORIOL a fait des fouilles dans la gorge de la Varappe et a recueilli une riche faune, essentiellement néritique, constituant la plus grande partie des espèces étudiées dans sa *Description des animaux invertébrés du Mont Salève.* Ces couches fossilifères sont des marnes argileuses tendres, panachées de bleu et de jaune, ou des marnes vertes à concrétions calcaires et à petits silex noirs. Nous ne mentionnerons de cette faune que les espèces les plus importantes en renvoyant à l'ouvrage cité pour plus de détails :

Céphalopodes :

Belemnites (Hibolites) pistilliformis Blainv.
Belemnites (Duvalia) dilatatus Blainv.
Mortoniceras cultrata (d'Orb.).
Hoplites (Leopoldia) leopoldinus (d'Orb.).
Hoplites (Leopoldia) castellanensis (d'Orb.).
Holcodiscus intermedius (d'Orb.). = *Am. vandeckii* de Lor.
Holcostephanus astierianus (d'Orb.).
Crioceras Duvali Lév.

Gastéropodes :

Peu abondants.

Pleurotomaria neocomiensis d'Orb.

Lamellibranches :

Très nombreux.

Pleuromya neocomiensis (Leym.).
Trigonia caudata Ag.
Cardium subhillanum Leym.
Pecten goldfussi Desh.
Pecten carteronianus d'Orb.
Janira neocomiensis d'Orb.
Janira atava (Rœm.).
Exogyra couloni (Defr.), etc.

Brachiopodes :

Rhynchonella multiformis Rœm.
Terebratula acuta Qu.
Zeilleria pseudojurensis (Leym.).
Eudesia semistriata (Defr.), etc.

Bryozoaires :

Très abondants.

Echinodermes :

Toxaster retusus (Lm.).
Holaster intermedius (Münst.).
Echinobrissus olfersi (Ag.).
Phyllobrissus alpinus (Ag.).
Collyrites ovulum (Desor.).
Holectypus macropygus (Ag.).
Pseudodiadema rotulare (Ag.).
Pseudodiadema bourgueti (Ag.).
Cidaris punctatissima (Ag.), etc.

Spongiaires :

Nombreux.

Dans les couches représentées par les complexes 6, 8, 9, 10, ce sont les grands Céphalopodes qui prédominent. Nous extrayons de l'ouvrage de DE LORIOL les espèces les plus importantes de ces assises :

Nautilus pseudoelegans d'Orb.
Nautilus neocomiensis d'Orb.
Lissoceras grasi (d'Orb.).
Puzozia ligata (d'Orb.).
Holcostephanus astierianus (d'Orb.).
Hoplites salevensis Kil = *Am. cryptoceras* de Lor.
Hoplites (Acanthodiscus) radiatus Brug.
Hoplites (Saynella) clypeiformis d'Orb.
Toxaster retusus (Lm.).
Holaster intermedius (Münst.).
Pygurus montmollini (Ag.).
Collyrites ovulum (Desor.).
Pseudodiadema rotulare (Ag.).
Pseudodiadema bourgueti (Ag.).

Enfin, *Toxaster retusus* (Lm.), *Exogyra couloni* (Defr.), et quelques autres espèces se trouvent à tous les niveaux de l'Hauterivien inférieur.

Partie supérieure (Equivalent de la **Pierre jaune de Neuchâtel**) (nos 12 à 17, fig. 11). Elle est composée uniquement de roches zoogènes grises ou rousses. Ce sont soit des microbrèches souvent oolitiques, soit de beaux calcaires spa-

thiques échinodermiques. Le quartz détritique s'y rencontre toujours, parfois même en forte proportion. Vers la limite supérieure de l'étage, il disparaît cependant presque complètement. La glauconie disparaît aussi dans les derniers bancs hauteriviens, mais elle est parfois très abondante plus bas.

Les calcaires de l'Hauterivien supérieur qui contiennent la plus grande proportion de matières détritiques (quartz surtout puis argile) et de glauconie ont donné 21 % comme résidu de dissolution avec l'acide chlorhydrique. Ils proviennent de bancs du complexe n° 14.

Remarquons encore que, très souvent, une partie des débris d'organismes variés qui forment les microbrèches sont silicifiés, forment des traînées mises en saillie par l'érosion et montrent alors souvent une stratification entrecroisée. Parfois, ce phénomène en s'accentuant donne naissance à de véritables rognons ou même à des bancs siliceux.

Les fossiles entiers sont très rares dans cette partie de l'Hauterivien. *Toxaster retusus* (Lm.) y existe cependant jusque dans les derniers bancs.

Répartition de l'Hauterivien. La partie inférieure de cet étage, grâce à son faciès marneux, forme entre autres les grandes pentes herbeuses de la chaîne des Pitons qui s'étendent entre la Croisette, la Thuile et S^{t}-Blaise, puis aussi les pâturages du sommet du Grand Salève. Il est très rare que des coupes naturelles de ce terrain soient visibles, et, en dehors des endroits où nous avons levé la coupe fig. 11, c'est seulement dans la cluse de la Caille qu'on peut en voir une à peu près complètement. En cet endroit ce terrain a du reste les mêmes caractères et la même épaisseur qu'au Grand Salève.

Seuls, les bancs de calcaire fortement gréseux (n° 6 de la coupe fig. 11) affleurent souvent sur les pentes gazonnées hauteriviennes, comme c'est le cas, par exemple, au Petit Salève et en plusieurs endroits entre la Croisette, la Thuile et Saint-Blaise. Ce sont ces mêmes bancs gréseux qui sont bien à découvert à la Grande Gorge, au bord du chemin horizontal venant de la Corraterie, au point où jaillit une petite source. La paroi méridionale du couloir appelé Echelle de Jacob, à la Petite Gorge, est formée également de ces calcaires gréseux gris bleu ou roux.

La partie supérieure de l'Hauterivien, toute calcaire, forme, avec la partie inférieure du Barrémien, les petits escarpements qui couronnent le Petit Salève, la chaîne des Pitons et les bords orientaux de la Grande et de la Petite Gorge.

Divisions de l'Hauterivien du Salève établies par A. Favre. Dans ses *Recherches,* I, § 223, p. 263, A. Favre a distingué les divisions suivantes :

6. Calcaire jaune.
5. Calcaire marneux à rognons et à grands Céphalopodes.
4. Marnes argileuses panachées fossilifères.
3. Marnes vertes à rognons calcaires et à petits silex noirs, très fossilifères.
2. Marnes argileuses panachées, fossilifères.
1. Calcaire jaune à *Ostrea rectangularis*.

Nous avons réuni le n° 1 au Valanginien. Les n^{os} 2, 3, 4, correspondent à notre complexe n° 4 (fig. 11).

Nous avons trouvé dans la collection de A. FAVRE, au Muséum de Genève, un échantillon de calcaire très gréseux, bleuâtre, à géode de cristaux de quartz qui appartient sûrement au n° 5 de la coupe de ce géologue; il correspond certainement aux calcaires gréseux de notre complexe n° 6. Il est probable qu'il faut encore rattacher au n° 5 de la coupe de A. FAVRE, les marno-calcaires et les marnes bleues glauconieuses de nos complexes 8, 9, 10 qui contiennent aussi de grands Céphalopodes.

La division n° 6, établie par A. FAVRE, correspond à toute la partie supérieure calcaire de l'Hauterivien (c.-à-d. à nos complexes 12 à 17) et, ainsi que nous le verrons, au Barrémien inférieur.

Comparaison avec les régions voisines. L'Hauterivien que nous venons de décrire ne diffère pas beaucoup de celui des gisements classiques du Jura central. Les deux mêmes facies s'y retrouvent, mais, tandis que le facies marneux, dans cette dernière région, a une épaisseur sensiblement plus faible que celle du facies calcaire (35^{m} pour 50^{m} à Cressier d'après BAUMBERGER [**195bis**, part. 2, p. 10] et 28 pour 66 au Vuache d'après SCHARDT [**171**, pl. 10]), au Salève, les marnes et marno-calcaires sont beaucoup plus développés (59^{m} pour 35). Ici, l'Hauterivien a donc un facies intermédiaire entre celui du Jura et celui des chaînes alpines du Genevois les plus rapprochées. D'après HAUG[1], en effet, dans cette dernière région, l'étage est formé de calcaires marneux et de schistes noirs en alternances multiples où le facies calcaire spathique jurassien n'apparaît que d'une façon très réduite au sommet. La faune du Salève quoique très proche parente de celle du Jura par ses nombreux Lamellibranches et ses Gastéropodes néritiques, possède cependant un certain nombre de Céphalopodes n'ayant pas atteint le Jura, mais qui sont bien connus dans le facies vaseux du géosynclinal dauphinois. Ce sont :

[1] HAUG, *Etudes sur la tectonique des hautes chaînes calcaires de Savoie*, Bull. des Services, Carte géol. France, n° 47, p. 20, 1895.

Duvalia dilatata (Blainv.).
Mortoniceras cultrata (d'Orb.).
Hoplites salevensis Kilian.
Lissoceras grasi (d'Orb.).
Puzozia ligata (d'Orb.).
Holcodiscus intermedius (d'Orb.).

Enfin, l'Hauterivien du Salève, ainsi que nous l'avons montré, a un caractère détritique très prononcé, grâce surtout à ses formations gréseuses qui n'ont pas été signalées dans le Jura et dans les régions alpines les plus rapprochées.

BARRÉMIEN

Barrémien inférieur. La limite entre l'Hauterivien et le Barrémien n'est pas tranchée. Nous avons vu que les derniers bancs que nous avons classés dans l'Hauterivien étaient des microbrèches zoogènes rousses où les grains de quartz et la glauconie avaient presque disparu. Dans les couches que nous plaçons dans le Barrémien inférieur, les calcaires oolitiques jaune roux se mélangent aux microbrèches, la roche devient même parfois un peu marneuse, de sorte que certains bancs de marno-calcaires oolitiques grumeleux et rognonneux forment des retraits dans les parois constituées par l'Hauterivien supérieur et le Barrémien. Le quartz a disparu, et la glauconie même ne tarde pas à faire totalement défaut. Des rognons siliceux persistent beaucoup plus longtemps.

Ces calcaires grumeleux oolitiques jaune roux, qui sont identiques à ceux du Barrémien inférieur du Jura (couches de la Russille), sont très peu fossilifères, à part des Spongiaires, très abondants, mais peu déterminables. Nous avons recueilli :

Janira atava (Rœm.), au Petit Salève.
Nucleopygus roberti (Ag.), au Petit Salève et à la Petite Gorge.
Echinobrissus aff. *placentula* (Desor), entre les Pitons et la Thuile.
Pyrina pygaea (Ag.), entre les Pitons et la Thuile.

Le Barrémien inférieur passe insensiblement, par des calcaires oolitiques et des microbrèches de plus en plus claires, aux calcaires oolitiques blancs, encore nettement stratifiés, puis au massif calcaire récifal blanc à Rudistes du Barrémien supérieur à facies urgonien.

Comme on le voit, les couches que nous venons de décrire et qui atteignent une

dizaine de mètres d'épaisseur n'ont pas de limite tranchée, ni à leur base, ni à leur sommet. Leur faune, si pauvre, comprend cependant deux espèces d'Echinodermes qui se rencontrent en général dans le Barrémien. Leur facies oolitique grumeleux, si caractéristique, est parfaitement semblable à celui des Couches de la Russille, dont la faune est nettement barrémienne, de sorte que nous n'hésitons pas à paralléliser ces deux formations.

Barrémien supérieur. Nous n'avons rien de spécial à dire du massif de calcaires blancs zoogènes du Barrémien supérieur contenant très souvent des Rudistes en grande quantité, surtout aux environs de Cruseilles et du château des Avinières. Il ne diffère pas de celui des régions voisines et atteint au moins 100 mètres d'épaisseur, mais est presque toujours incomplet, grâce aux érosions du Crétacé supérieur et du commencement du Tertiaire. Rappelons cependant que, au-dessus du village d'Essert, il a fourni une faune assez abondante, décrite par DE LORIOL [**100**], et comprenant surtout des espèces non encore signalées ailleurs. Parmi les autres espèces pouvant servir de terme de comparaison, nous citerons :

Trigonia ornata d'Orb.
Arca cornueliana d'Orb.
Arca dupiniana d'Orb.
Arca marullensis d'Orb.
Lima orbignyana Math.
Terebratula russillensis de Lor.
Nucleopygus roberti (A. Gras.).
Goniopygus peltatus Ag.
Cidaris cornifera Ag.

A. FAVRE [**101**, I, § 227 et 228] n'a distingué que le Barrémien supérieur. Il plaçait les marno-calcaires oolitiques du Barrémien inférieur dans l'Hauterivien.

APTIEN

Les érosions n'ont épargné au Salève que deux lambeaux insignifiants de cet étage qui est formé d'un calcaire jaunâtre grumeleux. Le premier de ces lambeaux, qui se trouve tout près du village du Sappey, a déjà été signalé par A. FAVRE [**101**, I, § 230]. M. le Professeur SCHARDT nous a communiqué, de ce gisement, *Harpagodes pelagi* (Brongn.), *Ostrea tuberculifera* Koch et Dunk., et *Enallaster oblongus* Brongn. Le second gisement, un peu plus étendu, se voit au hameau de Clarnant ; nous y avons recueilli *Harpagodes pelagi* Brongn.

En dehors des limites de notre carte, dans la partie SW. de la chaîne du Salève, l'Aptien est mieux représenté. Ainsi, sur le versant NW. du Crêt à la Dame, au bord de la route, entre le débouché de la cluse d'Allonzier et Rossy, on

peut observer des couches de brèche calcaire à cailloux anguleux et de marno-calcaire grumeleux, peu épaisses, qui surmontent des calcaires et des calcaires marneux à Rudistes. Les marno-calcaires grumeleux nous ont fourni :

Nerinea cfr. *essertensis* P. et C.
Harpagodes pelagi Brongn.
Rhynchonella parvirostris Sow.
Pygaulus desmoulinsi Ag.
Nucleopygus roberti (A. Gras), abondant.

Dans les calcaires à Rudistes nous avons recueilli :

Requienia pellati Paquier.
Matheronia aptiensis (Math.).

Plus au SW. encore, sur le versant SE. de la Montagne de la Balme, près de Chez Fumet, MAILLARD [**165**, p. 50] a étudié un autre affleurement plus étendu que le précédent, mais qui présente les mêmes caractères. Nous l'avons retrouvé et nous y avons recueilli les fossiles suivants.

Dans les calcaires marneux bleuâtres (nos 1 à 3 de la coupe MAILLARD) :

Requienia pellati Paquier.
Matheronia aptiensis (Math.).

Dans les marno-calcaires gris et les calcaires grumeleux (nos 4 et 5 de la coupe MAILLARD) :

Nerinea cfr. *essertensis* P. et C.
Harpagodes pelagi Brongn.
Tylostoma rochatianum P. et C.
Rhynchonella parvirostris Sow.
Pseudodiadema carthusianorum A. Gras.
Pygaulus desmoulinsi Ag.
Nucleolites roberti A. Gras.
Enallaster oblongus (de Luc).

ALBIEN

Nous n'avons constaté ce terrain nulle part au Salève, mais DOUXAMI [**183**, p. 25] le signale, sans le décrire, dans une galerie creusée aux environs de Cruseilles.

TERTIAIRE

SIDÉROLITIQUE

Le Sidérolitique du Salève a déjà été étudié par plusieurs géologues et surtout par A. FAVRE, MAILLARD et DOUXAMI [1], de sorte que nous n'avons que fort peu de choses à ajouter à ce que l'on en sait.

Il se compose essentiellement de matériaux gréseux et présente des compositions variables selon les points où on l'examine. Au Petit Salève, presque jusqu'à son sommet, sur le versant de Mornex et jusqu'à ce dernier village, le Sidérolitique est formé de *poudingues* bien stratifiés. Les cailloux de ce poudingue sont de grosseur très variable et atteignent parfois $0^m,50$ de plus grand diamètre ; ils ne sont presque jamais complètement roulés, mais leurs angles sont toujours émoussés. On y trouve surtout des calcaires barrémiens et rarement des calcaires glauconieux de l'Hauterivien. Par contre on y voit en grande abondance des silex gris de dimensions variables atteignant $0^m,10$ et plus, et dont l'origine doit être cherchée en dehors du Salève, à moins qu'ils ne proviennent de terrains méso ou néocrétacés que l'érosion aurait complètement fait disparaître avant et pendant la formation du terrain sidérolitique, ou encore, des couches hauteriviennes et barrémiennes inférieures fréquemment silicifiées.

Le ciment qui empâte ces gros éléments est un grès très riche en quartz, cimenté lui-même par de la calcite en proportion variable, mais toujours faible par rapport au quartz.

Les poudingues de Mornex sont en stratification concordante, mais en discordance d'érosion avec le Barrémien. On ne les voit pas en contact avec la Molasse dont l'affleurement le plus proche est au Mont Gosse.

Nous n'avons pas trouvé trace de fossiles dans cette formation, mais A. FAVRE (**101**, I, § 232) signale un grès à *Cerithium, Natica, Melanopsis,* Bivalves, piquant d'Oursin indéterminables, qui paraît être lié à elle.

On voit une belle coupe du poudingue sidérolitique en contact avec le Barrémien, au pont, sous la station de Bas-Mornex. Ce terrain débute par des couches

[1] A. FAVRE, **101**, I, § 231 et 232. — MAILLARD, **165**, p. 2; **169**, pp. 3 à 8. — DOUXAMI, **183**, pp. 25-26, 93, 101 ; **190**, p. 10.

marno-calcaires lie de vin, reposant sur le Barrémien et supportant les poudingues en parfaite concordance.

Au Grand Salève, en un seul point, près du hameau de la Joie, on retrouve les poudingues formant, comme au Petit Salève, des placages sur le Barrémien. En outre, à l'extrémité SW. de l'anticlinal du Salève, en dehors des limites de notre carte, on retrouve des poudingues identiques à la montagne de la Balme, près de Chez Roux et au coteau de Lovagny, où ils ont été signalés par MAILLARD.

Partout ailleurs, le Sidérolitique revêt l'aspect de *grès* plus ou moins riches en oxyde de fer, assez riches parfois pour avoir alimenté les fonderies dont on trouve les nombreux vestiges sur toute la chaîne du Grand Salève et des Pitons. Un gisement classique, connu depuis longtemps, se trouve aux rochers de Faverge. On y voit un pittoresque amoncellement de blocs de grès dû au phénomène bien connu de la désagrégation en boules. Ces blocs sont d'un blanc éclatant par places, ailleurs plus ou moins fortement teinté par de la limonite. Les grès sont à peu près exclusivement formés de quartz. Sur le plateau supérieur du Salève et des Pitons, c'est généralement le type des grès ocreux qui domine. Très fréquemment, les affleurements de grès se trouvent dans des entonnoirs et des dépressions du Barrémien où se conserve, assez tard dans la saison d'été, une mare stagnante.

Près de la vallée des Tourches et surtout dans la région de Praz Penaz, on rencontre le Sidérolitique sous la forme de minerai de fer pisolitique.

Aux environs de Cruseilles, on retrouve des grès blancs, quelquefois assez friables pour avoir donné lieu à des exploitations pour la verrerie. Près du bourg même, sur la route du Mont-de-Sion, on voit des fissures remplies de grès siliceux teintés de vert par une proportion notable de glauconie. Il n'est pas impossible qu'il faille attribuer cette glauconie à un terrain sous-jacent actuellement complètement disparu.

Nous devons faire une mention spéciale de certains gisements de grès et de brèches filoniennes à ciment gréseux. Tout d'abord dans la faille de la Petite Gorge, qui va du vallon de Monnetier à la Grande Gorge, où nous trouvons une brèche formée de fragments des roches calcaires immédiatement adjacentes, empâtés, dans une masse ocreuse ou lie de vin, gréseuse, et présentant tous les caractères du Sidérolitique du Salève.

Au sentier des Bûcherons supérieur, dans la région de l'Arc, à l'endroit même où se trouve un gisement de fossiles d'eau douce, dans une couche marneuse du Purbeckien, on voit une grosse lentille de grès sidérolitique, allongée parallèlement aux couches. Il faut citer, ici également, un affleurement de grès ferrugineux dans le vallon de la Joie, dans le lit même du ruisseau, là où son cours est tracé dans les couches marneuses de l'Hauterivien.

Sous la grande paroi du Saut Gonet, la grande faille longitudinale est également remplie d'un grès blanc avec de rares points de glauconie.

Entre la Petite et la Grande Gorge, la faille est jalonnée par une brèche à ciment quartzeux, ocreux, qui fait saillie au bas d'un petit ravin, grâce à sa dureté. Cette brèche est recoupée par une cassure transversale avec léger rejet horizontal.

L'étude de ces divers gisements fait penser que des cassures, et plus particulièrement des cassures longitudinales, ont préexisté au dépôt du terrain sidérolitique, de telle sorte qu'en certains endroits (Sentier des Bûcherons, faille sous le Saut Gonet, etc.), les grès ont pénétré en profondeur, remplissant les vides laissés par les cassures parfois modelées par des corrosions. Dans la Grande Gorge Intérieure, nous avons constaté un de ces filons sidérolitiques dans le Portlandien inférieur, indiquant que la pénétration des grès s'est fait sentir jusqu'à 400^{m} au-dessous de la surface du sol.

Un fait important à noter, c'est que sur le plateau même du Salève et des Pitons, le Sidérolitique occupe presque toujours des dépressions irrégulières creusées dans le Barrémien. C'est le cas à Faverge, aux environs de Chenex, sur le plateau du Grillet, à Praz Penaz et en d'autres localités encore. Parfois, comme au-dessus de la Croisette et à Praz Foraz, ces dépressions ont atteint l'Hauterivien. Dans quelques cas, le Sidérolitique de ces sillons irréguliers est friable et peut-être faut-il le considérer alors comme un terrain remanié. Aux environs de Cruseilles et de l'Abergement, la surface irrégulièrement érodée du Barrémien est presque complètement ennoyée par les grès, de sorte qu'on ne voit que de distance en distance émerger de petites éminences de calcaire. Le phénomène a certaines analogies avec celui qui a donné naissance aux dolines. Il est bien probable que, pendant la formation des dépôts sidérolitiques, il y a eu une terre émergée, formée de roches urgoniennes érodées par les eaux météoriques et superficielles et dont les creux ont été comblés par les résidus de la destruction de couches superposées au Barrémien.

Un fait à souligner dans la composition minéralogique des grès sidérolitiques est l'absence complète d'éléments feldspathiques et micacés, tandis que ces minéraux abondent dans la Molasse. L'origine des matériaux est donc tout autre pour ces deux terrains et les poudingues du sidérolitique ne peuvent pas être considérés comme conglomérats de base de la formation molassique.

L'âge des dépôts sidérolitiques du Salève ne peut être déterminé directement, les grès n'ayant fourni aucun organisme et la faune accompagnant le poudingue de Mornex étant indéterminable. Douxami [**183**, p. 25 ; **190**, pp. 190-191], par comparaison avec des dépôts analogues des régions voisines de la Savoie et du

Jura méridional, attribue les grès à l'Eocène inférieur et moyen, tandis qu'il considère les poudingues comme étant tongriens. Ces deux formations sont en connexion si intime qu'il ne nous paraît pas possible de leur donner des âges différents.

MOLASSE

Nous avons marqué tous les affleurements de Molasse qui se trouvent sur le territoire de notre carte géologique, mais sans faire d'étude stratigraphique détaillée de ce terrain, qui d'ailleurs est d'une grande monotonie et ne nous a nulle part fourni de fossiles, sauf quelques traces de Végétaux sur la nouvelle route du vallon de la Joie, près de Chez Blondin. Le plus bel affleurement se trouve au-dessus de Ronzier, où l'on peut observer une série verticale et renversée de grès plus ou moins marneux, gris, atteignant une épaisseur de 800^{m} au moins. Des descriptions de la Molasse de la région ont été données par divers auteurs[1], auxquels nous renvoyons le lecteur.

Une particularité qui mérite d'être signalée est la légère discordance qu'on observe parfois entre la Molasse et le Barrémien, en particulier au Chêne près de Vovray-en-Bornes. Il faut dire d'ailleurs que souvent on n'aperçoit pas de discordance sensible, et il n'est pas douteux que le relief du Salève ait été recouvert d'une épaisseur considérable de Molasse.

Signalons comme élément constituant de ce terrain, aux environs d'Essert, des plagioclases assez abondants et du microcline accompagnant le quartz. Le ciment est calcaréo-argileux.

Toute la Molasse entourant le Salève, formée de grès plus ou moins marneux, bleuâtres ou gris, de marnes grises ou bariolées, est d'âge aquitanien d'après les recherches de Douxami.

QUATERNAIRE

TERRAINS GLACIAIRES

Les terrains glaciaires du Salève et des régions qui l'avoisinent ont été l'objet de nombreux travaux qu'il serait trop long de passer en revue. Nous nous conten-

[1] Necker (**39**, I, pp. 394-403). — A. Favre (**101**, I, § 199, 235, 236). — Maillard (**165**, pp. 41 et suiv.; **169**, p. 6). — Douxami (**183**, pp. 194, 196; **195**, pp. 144, 145).

tons de donner, ici, une liste des principales études concernant ces terrains quaternaires [1].

Parmi les dépôts glaciaires, très abondants sur le territoire de notre carte, nous avons pu distinguer les éléments suivants : *moraine alpine, fluvio-glaciaire alpin, moraine de fond salévienne et groise.*

Moraine alpine. Ce groupe comprend les moraines de fond et les moraines superficielles à blocs anguleux. Les moraines de fond sont formées d'argile avec blocs et cailloux anguleux ou à angles émoussés, souvent striés. Les cailloux qui la composent sont des roches cristallines et des calcaires de la zone helvétique. Nous avons marqué d'un signe spécial les blocs erratiques qui sont très nombreux et très significatifs dans notre région.

La moraine alpine, qui souvent voisine avec des dépôts fluvio-glaciaires de même âge, n'est pas toujours facile à distinguer de ces derniers lorsqu'on ne peut pas examiner les terrains sur une coupe et qu'on est limité aux indices un peu vagues que l'on peut recueillir dans les champs labourés. Cependant, bien souvent la présence simultanée de cailloux alpins anguleux et de cailloux striés dans un sol argileux permet une détermination sûre. Pour l'extension de ce terrain, comme pour ceux qui suivent, nous renvoyons à la carte géologique.

Fluvio-glaciaire alpin. Le fluvio-glaciaire alpin a les caractères habituels de ce dépôt. Il est formé de cailloux d'origine alpine, cristallins ou calcaires, souvent associés, sur le pourtour du Salève, à des calcaires des divers étages formant cette montagne, et noyés dans une masse de sable. La détermination de ce terrain est facilitée par les exploitations de sable et de gravier qu'on y trouve fréquemment.

Souvent, ces graviers sont assez solidement agglomérés pour devenir de véritables poudingues. C'est ainsi, par exemple, qu'au plateau de Saint-Blaise, au Mont-de-Sion, et en diverses localités dans la vallée des Usses, on trouve des poudingues où le ciment est formé en majeure partie de calcite où il n'est pas rare de pouvoir reconnaître les formes cristallines de ce minéral à l'œil nu.

Moraine de fond Salévienne. Nous désignons ainsi des formations qui ont déjà été signalées par A. FAVRE [**101**, I, § 241] et MAILLARD [**169**, p. 4], qui

[1] SAUSSURE [**1**, t. 1, chap. 4. 5 et chap. 6, § 227-230]. — DE LUC [**20**; **25** ; **29** ; **44**; **48 bis**; **51**]. — GODEFFROY [**37**]. — NECKER [**38**, t. I, pp. 330-46]. — A. FAVRE [**45**, pp. 116-143; **101**, t. I, chap. 2 à 10 et chap. 12, § 237-241; **153**, t. I, chap. 4, 5, 6, 10, t. II. **159**]. — GUYOT [**47**, **59**]. BLANCHET [**49**]. — MARTINS [**60**]. — FALSAN [**158**]. — MAILLARD [**165**, pp. 4 à 5 et 46 à 50; **169**, p. 6]. — PENCK et BRUCKNER [**192**, vol. 2]. — DOUXAMI [**190**, pp. 16-22; **195**, pp. 145-146]. — KILIAN [**208**]. — KILIAN, RÉVIL LEROUX [**211**].

doivent être rapprochées des moraines de fond et qui sont limitées aux parties hautes du Salève (environs des Treize-Arbres, de l'Abergement). Ces moraines sont formées à peu près exclusivement de cailloux à angles émoussés, parfois polis et striés, empruntés au Salève même, et qui sont principalement des calcaires barrémiens, du sidérolitique, avec quelques rares blocs alpins provenant d'une glaciation antérieure. Le tout est empâté dans une masse sableuse ou argileuse plus ou moins fortement teintée de rouge ou de jaune par la forte proportion de limonite que contient le Sidérolitique de la région. Ces moraines occupent presque toujours des dépressions et reposent sur le Sidérolitique, sur le Barrémien ou sur l'Hauterivien, et en certains points (La Croix, au-dessus de Monnetier), sur le Calcaire roux.

Il est aisé de reconnaître de petites moraines terminales en relations avec les précédentes, à l'Abergement, au bas de la Grande Gorge et au débouché du ravin situé sous la Croisette.

Groise. Nous avons cru bon d'adopter ce terme, couramment usité dans le Jura neuchâtelois, pour désigner ce que les géologues allemands appellent *Gries*. Le mot Groise correspond exactement à l'expression « *moraines d'éboulis* » qu'emploie SCHAUDEL [1]. Il ne nous paraît pas douteux que ces deux termes Gries et Groise ont une origine commune. Tous deux désignent des dépôts superficiels occupant le pied des pentes, sur lesquels repose directement la terre arable, et sont formés d'une accumulation de cailloux calcaires à angles vifs empruntés aux différentes couches des montagnes adjacentes. Ces dépôts ont un rapport direct avec les formations glaciaires et peuvent être considérés comme des moraines locales superficielles transportées à une petite distance de la montagne pendant l'époque où les glaciers alpins se retiraient et où des névés et peut-être même de petits glaciers locaux ont servi d'agents de transport. La Groise recouvre les contreforts molassiques nord occidentaux en pente douce du Grand Salève et des Pitons. A Archamps, on la rencontre encore à plus de deux kilomètres du pied de la montagne. Les régions couvertes par cette formation présentent un aspect tout à fait particulier; elles forment un paysage couvert de monticules dont le grand axe est généralement parallèle à la chaîne. C'est au pied du Grand Salève, entre la ferme de l'Hôpital et le Coin, que ce paysage est le plus typique.

[1] L. SCHAUDEL, *Les Alpes françaises à l'époque glaciaire*. Extrait de « *Die Alpen im Eiszeitalter* » de MM. PENCK et BRUCKNER ; in Trav. Lab. géol. Fac. Sc. Univ. Grenoble, t. 8, fasc. 1, p. 113.

Age des formations glaciaires du Salève.

Région du Mont-de-Sion et de Cruseilles. Les géologues ne sont pas d'accord sur les époques auxquelles il faut attribuer les dépôts glaciaires de la région. Sans avoir acquis une certitude absolue, il nous semble que les déductions de Bruckner [192] et Kilian [208], tirées des observations faites sur les ceintures morainiques et les complexes fluvio-glaciaires les plus externes, reposent sur une base solide. Nous prendrons donc comme point de départ de notre analyse, sans les discuter, les conclusions de ces derniers auteurs, et en particulier, *nous considérerons le complexe fluvio-glaciaire du Mont-de-Sion comme représentant le deuxième stationnement wurmien.* Il y a lieu de faire une légère correction à l'altitude (821^m) indiquée par Kilian. C'est en effet à 862^m que se trouvent les poudingues les plus élevés de la colline à l'W. du col de Mont-de-Sion, et le point culminant des poudingues du plateau de Saint-Blaise, entre le col du Mont-de-Sion et les Pitons, atteint 905^m.

Au sujet de ce complexe, Kilian dit [208, p. 59]: « A ce moment, le glacier de l'Arve poussait ses moraines et ses alluvions fluvio-glaciaires vers Culoz par la région des Usses. » Sauf erreur, il admet que le complexe fluvio-glaciaire du Mont-de-Sion dépendait du glacier de l'Arve. Or, si l'on examine ce complexe dans la région s'étendant entre Présilly, Charly et Cernex, on constate que sur le versant rhodanien les blocs erratiques abondent et ceux du Valais y sont communs. A côté de nos observations personnelles, il est utile de citer les observations faites il y a près de cent ans par J. A. de Luc, à une époque ou les blocs erratiques étaient beaucoup plus nombreux qu'aujourd'hui. Cet auteur constate qu'au Mont-de-Sion les accumulations sont sur les pentes qui regardent le Jura et qu'en certains points plus éloignés du col du Mont-de-Sion, ces blocs proviennent du Valais. Sur ce même versant, la moraine de fond est aussi visible presque partout, tandis que les alluvions sont rares et revêtent l'aspect de « Schottermoräne », comme cela peut s'observer dans la gravière de Présilly.

Sur le versant des Usses du Mont-de-Sion, au contraire, en descendant du point 821 vers le village de Cernex, on peut constater, grâce à plusieurs gravières, des alternances d'alluvions soit meubles, soit très fortement cimentées par de la calcite en assez gros cristaux, avec de la moraine de fond. Des gravières très considérables existent encore sur le flanc W. de la colline de St-Blaise, au-dessus de Jussy. Le Mont-de-Sion porte donc, très nettement, les caractères d'un cône de transition donnant naissance vers le SW. à des champs d'alluvions.

D'autre part, si l'on admet l'opinion de Kilian, le glacier de l'Arve, pour

former le complexe du Mont-de-Sion devait buter contre le massif des Pitons (1300m) et le contourner par sa rive droite. On ne s'explique pas, dès lors, que l'on ne trouve pas des blocs erratiques sur le versant sud des Pitons (versant des Usses), tandis qu'au contraire, dans le bassin du Viaison, d'innombrables blocs de protogine forment une longue traînée qui va du vallon de la Joie au Petit Salève, s'échelonnant à des altitudes variant de 650 à plus de 900m, associés, au plateau des Molliets, à des formations fluvio-glaciaires (927m).

Pour ces raisons, nous croyons plus plausible d'admettre, avec BRUCKNER, que le complexe fluvio-glaciaire du Mont-de-Sion dépend du glacier du Rhône.

A Troinex, près de Cruseilles, il existe une nappe d'alluvions légèrement inclinée vers le NW., dont la surface est à 760m environ. Les graviers qui la forment sont meubles ou très fortement cimentés, comme on peut le voir près de la ferme, dans les gravières, et sur le bord du plateau qui domine Ronzier.

Le plateau de Féchy, également incliné vers le NW., dont l'attitude est à 630m environ, est formé d'un complexe fluvio-glaciaire typique, qu'on peut étudier dans la vallée des Usses, en aval de la cluse.

Ces deux champs d'alluvions, qui ne sont pas tout à fait du même âge, puisque le dernier est sensiblement plus bas que le premier, doivent cependant dater de la même glaciation que celui du Mont-de-Sion, soit du second stationnement wurmien. Ils ne contiennent aucun élément du Valais, ni gneiss d'Arolla, ni prasinite, ni gabbro à saussurite; les éléments cristallins y sont rares. Nous pensons que le champ de Troinex provient du glacier de l'Arve, mais il est possible que celui de Féchy soit dû au glacier de la vallée d'Annecy.

Il a donc existé, dans la région de Cruseilles, trois nappes d'alluvions qui convergeaient. Elles ont subi, pendant la période interglaciaire qui a suivi leur dépôt, les effets intenses de l'érosion des Usses et de ses affluents, de sorte qu'on n'en retrouve que des lambeaux perchés sur les socles molassiques de Cernex, Andilly et Ronzier. Le fond de la grande dépression ainsi formée fut comblé par un dépôt considérable de moraine de fond dont la surface forme le plateau très caractérisé des Ertes et de Châtillon et dont l'altitude est à 560m environ. Les Usses et ses affluents ont aussi entamé ce plateau. Cela se voit surtout dans le vallon des Emollières, où l'on observe de superbes affleurements très étendus d'argile à cailloux et à blocs striés dans lesquels les matériaux du Valais sont absents, et les éléments cristallins rares. Cette masse morainique, emboîtée dans l'ancienne vallée des Usses, doit être néo-wurmienne si l'on admet les données de KILIAN. Ce n'est certainement pas le glacier de l'Arve qui a pu atteindre cette région lors de la dernière glaciation. L'arrivée d'une langue du glacier d'Annecy par la cluse de Sillingy est déjà plus admissible.

Il existe encore, à 30m environ au-dessus du niveau des Usses, une terrasse d'alluvions à éléments alpins dont on peut voir des lambeaux dans la cluse même de la Caille, près des bains, et à son débouché, au Moulin Dunant. Elle date probablement du stade de Buhl.

Extrémité nord-orientale du Salève. *Moraines du second stationnement wurmien.* En jetant un coup d'œil sur la carte, on est frappé de la richesse des blocs erratiques sur le coteau d'Esery, sur le versant sud du Grand et du Petit Salève et dans le vallon de Monnetier. Il y a là les traces manifestes d'un stationnement. Malgré une exploitation active des blocs de granite, il en reste une telle quantité, que l'œil le moins exercé y reconnaîtrait un dépôt morainique. Au Grand Salève, les accumulations de blocs reposent sur un soubassement molassique, et leur altitude va en décroissant à partir des environs du vallon de la Joie, où elles dépassent un peu 900m, vers le Petit Salève et le Mont Gosse, où elles s'arrêtent à 800m. Elles vont, d'autre part, en diminuant d'importance vers le petit plateau qui sépare la source des Usses de celle du Viaison, plateau qui détermine la ligne de faîte des Bornes. On n'en trouve plus sur la rive droite du cours supérieur des Usses. Nous croyons pouvoir en conclure que ce stationnement était caractérisé par le fait que le glacier de l'Arve était déjà individualisé dans le bassin actuel de cette rivière.

On peut donner plus de précision et trouver une preuve qu'il s'agit bien d'une moraine frontale d'un glacier venant buter contre le versant sud du Salève. En effet, dans le vallon de Monnetier, on voit, de part et d'autre du village, les restes indubitables d'une moraine frontale. Le lambeau morainique du Petit Salève est le plus important et le mieux conservé. Lorsqu'on le regarde de la pente NE. du Grand Salève, avec un éclairage convenable, le matin, on reconnaît encore la crête morainique incurvée, jalonnée par un gros bloc de Barrémien haut-alpin. En examinant les roches qui composent cette moraine, on y reconnaît, outre les calcaires locaux, de gros blocs de protogine, tous plus ou moins arrondis, et, en grand nombre, des schistes cristallins X et ζ^2 provenant des Aiguilles Rouges, ainsi que des calcaires noirs du Malm et du Barrémien de la zone helvétique. Nous n'y avons pas trouvé un seul caillou de Molasse, ce qui constitue une différence très tranchée avec le lambeau morainique NW. sur la pente NE. du Grand Salève. Dans ce dernier, en effet, les blocs de Molasse abondent, tandis que les schistes ζ^2 des Aiguilles Rouges font totalement défaut. On y voit également, dans une petite tranchée, des cailloux striés. Des blocs erratiques disséminés réunissent, de part et d'autre du vallon de Monnetier, ces deux lambeaux aux dépôts morainiques du versant sud des deux Salèves. Il s'agit donc bien d'un stationnement, où une protubérance du glacier

pénétrait dans le vallon de Monnetier sans le traverser. La présence d'un grand nombre de blocs de Molasse sur la rive gauche de la protubérance glaciaire de Monnetier indique que le glacier de l'Arve était flanqué sur sa rive gauche de saillies molassiques dans le massif des Bornes et qu'il était individualisé dans le bassin actuel de cette rivière. C'est à ce même stationnement qu'il faut sans doute attribuer les dépôts de moraine de fond qui comblent l'ancienne vallée du Viaison et qui forment le plateau d'Essert, qu'un cycle d'érosion récent a entaillé à partir du Pont du Loup vers l'aval, ainsi qu'on peut le voir très clairement sur la carte.

Au Mont-de-Sion l'altitude de la moraine terminale du glacier du Rhône, lors du deuxième stationnement wurmien, dépassait un peu 900m. Il est assez naturel de considérer comme appartenant à la même ceinture morainique ou à des dépôts de retrait du glacier, les blocs que DE LUC [**14, 20**] cite à la ferme de la Mikerne près de l'Abbaye de Pomier, sous la Croisette, et au-dessous de Crevin.

A l'époque de ce stationnement, il est bien probable qu'il faut admettre l'existence du glacier de l'Arve limité par les moraines à blocs de la vallée du Viaison, avec une protubérance dans le vallon de Monnetier, et communiquant avec le glacier du Rhône par la région de Monthoux.

Moraines du maximum wurmien et de Riss. Au-dessus des champs de blocs de la vallée du Viaison, dont nous avons parlé plus haut, il existe, un peu partout sur la chaîne du Salève, des blocs disséminés ou réunis en petits groupes. Il est intéressant de signaler que la moraine bordière du maximum wurmien, si caractérisée dans le Jura central, manque au Salève, fait qui n'est pas très étonnant, puisqu'on le constate également dans le Jura méridional. C'est pourquoi nous n'avons pas pu établir la limite entre la moraine rissienne et la moraine wurmienne. Il n'est pas douteux, cependant, que les blocs épars sur tout le sommet du Grand Salève (1200-1300m), ceux qui sont groupés près du Chalet de la Pile (1230m), au Sud de la Pointe du Plan (1236m), etc., appartiennent à la glaciation de Riss. Les dépôts erratiques rissiens les plus élevés du Salève ont atteint l'altitude de 1300m d'après A. FAVRE. Nous n'avons pas, en effet, constaté de roches alpines sur le plateau de Grillet qui dépasse cette altitude, et c'est à 1312m de hauteur, à l'ouest de la Pointe du Plan, que nous avons observé le bloc alpin le plus élevé. Le Grand Salève a donc dû être complètement recouvert par le glacier, tandis que les régions des Pitons et de la Pointe du Plan formaient un seul nunatak fort peu élevé.

Les *alluvions fluvio-glaciaires de la région avoisinant l'extrémité orientale du Salève* ont été décrites avec détail par A. FAVRE [**101,** t. I, chap. 3; **153,** § 158 à 187], aussi n'en parlerons-nous que brièvement.

Toutes proviennent de la vallée de l'Arve. Les plus élevées, qui ne forment plus

que des dépôts peu importants, se trouvent à Mornex (600m), à Bas-Mornex, 540m; elles pourraient bien être en relation avec la terrasse de Crevin (508m) et être rapportées à l'époque du recul du glacier de l'Arve après le 2me stationnement wurmien.

La belle terrasse de Pont Notre Dame (491m) doit correspondre à la terrasse supérieure de Veyrier dont l'altitude est de 470m environ. A la terrasse de Gaillard (430m environ), qui domine l'Arve de 30m, correspondent la terrasse inférieure de Veyrier sur laquelle est construit le village, et celle du Château d'Etrembières. Enfin, une terrasse un peu plus basse (10m au-dessus de l'Arve) existe près d'Etrembières et de Sierne.

Pour KILIAN, la terrasse de Pont Notre Dame est néo-wurmienne, les autres dépendent du stade de Buhl.

Le gisement magdalénien de Veyrier se trouve sur la terrasse supérieure de cet endroit. Nous avons vu que cette terrasse correspond à celle de Pont Notre Dame. La célèbre station préhistorique serait donc postérieure à l'époque néo-wurmienne.

DÉPOTS POST-GLACIAIRES ET ACTUELS

Nous ne dirons que quelques mots au sujet de ces formations. Les *tufs d'Aiguebelle*, connus dans le public genevois sous le nom de *greube*, ont été étudiés par BRONGNIART [**18**, p. 310], DE MORTILLET [**63, 64**] et A. FAVRE [**101**, t. I, § 242]. Des dépôts de *craie lacustre* et de *tourbe* ont été signalés par A. FAVRE [**153**, I § 215, II, § 32]. Nous avons observé des dépôts analogues dans une tranchée, au-dessus de Crevin, à l'altitude de 532m. Nous avons relevé la coupe suivante :

Dépôt d'éboulis et de ruissellement :	1m
Tourbe pure	0m, 50
Tourbe terreuse à Mollusques d'eau douce	0m, 20
Marne lacustre à Mollusques d'eau douce	0m, 40

Les *éboulis* de la région du Salève ne présentent rien de particulier ; ils ne montrent pas de limite tranchée avec les dépôts glaciaires locaux que nous avons décrits sous le nom de Groise. De petits *éboulements* sont visibles au-dessus de Veyrier-Crevin et des Sources ; ceux qu'on peut observer au-dessus de Jussy, près de Pomier, sont beaucoup plus considérables.

Des *formations éluviennes* assez importantes recouvrent les pentes hauteriviennes, surtout dans la région comprise entre la Croisette, la Thuile et St-Blaise.

CHAPITRE III

TECTONIQUE

APERÇU TOPOGRAPHIQUE

La chaîne du Salève s'étend du village d'Etrembières, sur l'Arve, jusqu'à la cluse du Fier, à l'ouest d'Annecy. Sa direction générale est N. 27° E.; mais ses différentes parties ont une orientation pouvant en différer sensiblement. Sa longueur est de 36^{km} et sa largeur mesure au maximum 3^{km}. Son point culminant, le Grand Piton, atteint 1380^{m}. Son versant NW. est plus abrupt que son versant SE. et il descend plus bas. Cette montagne s'élève dans le large bassin molassique qui s'étend entre les Alpes du Genevois et le Jura méridional, déterminant avec ces massifs montagneux, deux régions au relief peu accusé. Au nord-ouest, c'est la plaine de Genève, prolongement du Plateau suisse, dont la largeur atteint à peu près 24^{km} et dont l'altitude se maintient généralement entre 400 et 500^{m}. Au sud-est, c'est le plateau des Bornes, s'élevant à 900^{m} environ et dont la largeur moyenne est de 17^{km}; c'est dans sa partie sud occidentale qu'est creusée la dépression d'Annecy, dont le fond est à l'altitude de 450^{m} environ.

Un certain nombre de dépressions transversales divisent la chaîne en plusieurs parties qui sont, à partir du NE. :

a) *Le Petit Salève,* situé entre l'Arve (400^{m}) et le vallon de Monnetier (710^{m}). Sa longueur est de 2^{km},900 et son sommet a une altitude de 900^{m}.

b) *Le Grand Salève,* dont l'altitude maximale est de 1308^{m} et la longueur 5^{km},400. Il est délimité par le vallon de Monnetier et le col de la Croisette (1179^{m}).

c) *Les Pitons.* Partie culminante de la chaîne dont l'altitude atteint 1380^{m} et dont la longueur est de 11^{km}. Elle est comprise entre le col de la Croisette et Cruseilles 789^{m}.

d) *Région située entre Cruseilles et la cluse des Usses.* La chaîne s'abaisse considérablement et se distingue fort peu de la partie voisine du plateau des Bornes. Son point culminant est à 861^{m} et sa longueur mesure 2^{km},200.

e) *La montagne de la Caille* dont l'altitude est 842^{m}. Elle est fort courte,

n'atteint que 1km,200 de longueur, et s'étend entre la cluse des Usses et le vallon d'Allonzier (700m).

f) *Le Crêt à la Dame.* Son sommet atteint 889m et sa longueur ne dépasse pas 1km,200. Il est compris entre le vallon d'Allonzier et le col de Mandalaz (676m).

g) *La montagne de la Balme* forme une croupe de 6km de long dont le faîte mesure 936m. Elle est délimitée par le col de Mandalaz et la cluse de Sillingy (470m).

h) *Le coteau de Lovagny,* colline allongée, à pentes douces, d'une altitude de 674m et d'une longueur de 6km,300, s'étendant de la cluse de Sillingy à la cluse du Fier (380m).

ÉTUDE TECTONIQUE

Au point de vue géologique, la chaîne du Salève est un anticlinal très allongé, surgissant à peu près au milieu du grand synclinal molassique séparant les Alpes du Jura. Cet anticlinal est déjeté, parfois déversé et faillé dans sa partie septentrionale, son flanc SE. étant à pente douce et son flanc NW. fortement redressé ou même renversé. Il a été fort peu démantelé par les actions érosives, puisque presque partout son jambage SE. est formé jusqu'au faîte d'une carapace de Barrémien; son jambage NW., vertical, plus disloqué et étiré, a cependant été dénudé jusqu'au Kimeridgien dans la partie NE. du pli.

Le trait caractéristique de l'anticlinal du Salève est qu'il a été rompu en plusieurs tronçons par des décrochements, les tronçons orientaux ayant toujours été poussés vers le nord-ouest par rapport aux autres. Cette structure typique a été mise en lumière par Maillard [**169**, p. 9] et par Schardt [**171**, p. 153 et pl. 6] qui avaient déjà constaté trois décrochements. Nous en avons reconnu sept qui ont déterminé huit tronçons (fig. 12).

La division orographique de la chaîne du Salève, que nous avons donnée plus haut, ne correspond pas toujours à la division tectonique, parce que certains décrochements, comme celui de Pomier, ne se font guère sentir dans la topographie, ou parce que d'autres, comme ceux de l'Abergement et de Cruseilles, sont trop rapprochés pour pouvoir déterminer entre eux un relief nettement individualisé. Il arrive aussi que certains accidents topographiques sont dus uniquement à des phénomènes d'érosion (vallons de Monnetier et d'Allonzier). C'est pourquoi, dans ce chapitre, nous suivrons la division tectonique de la chaîne qui est la suivante (voir fig. 12) :

1. *Petit et Grand Salèves* qui doivent leur individualisation au décrochement du Coin.

2. *Partie nord orientale des Pitons* située entre le décrochement précédent et celui de Pomier.

3. *Partie sud occidentale des Pitons,* comprise entre le décrochement précédent et celui de l'Abergement.

4. *Région de l'Abergement,* limitée à l'est par le décrochement du même nom et à l'ouest par celui de Cruseilles.

5. *Région de Cruseilles,* entre le décrochement précédent et celui de la Caille.

6. *La montagne de la Caille et le Crêt à la Dame,* déterminés par les décrochements de la Caille et de Mandalaz.

7. *La montagne de la Balme,* comprise entre les décrochements de Mandalaz et de Sillingy.

8. *Le coteau de Lovagny,* formant l'extrémité sud occidentale de la chaîne à partir du décrochement de Sillingy.

Nous ne nous occuperons en détail que de la partie nord-orientale de la chaîne, c'est-à-dire celle contenue dans la carte que nous avons levée, et comprenant les divisions 1 à 5. Nous n'aurons que peu d'observations à ajouter à ce que l'on connaît de l'extrémité sud-occidentale du pli.

1. PETIT SALÈVE, GRAND SALÉVE ET DÉCROCHEMENT DU COIN

(Pl. 12, fig. 1 à 10.)

Dans cette partie de la chaîne, l'anticlinal possède un flanc sud-est à pente douce, sauf au nord de la Mure, vers Chez Cocu, où les couches du Barrémien atteignent presque la verticale et où celles de la Molasse sont même renversées (pl. 12, fig. 5). La partie culminante de l'anticlinal est fort aplatie et les couches y sont parfois horizontales sur une assez grande étendue. Le flanc nord-ouest, vertical ou presque, forme des pentes très escarpées. Il est en général laminé et montre des accidents de natures diverses.

Le Petit et le Grand Salève, qui sont très nettement distincts au point de vue topographique, forment une seule unité au point de vue géologique, car le vallon de Monnetier qui les sépare est le résultat d'actions purement érosives.

Les dislocations qui affectent le tronçon dont nous nous occupons sont soit longitudinales, soit transversales. Les premières sont principalement des failles; on peut y observer cependant un pli-faille et une faille-flexure. Les secondes sont soit des fissures, soit des failles; elles sont du reste peu importantes.

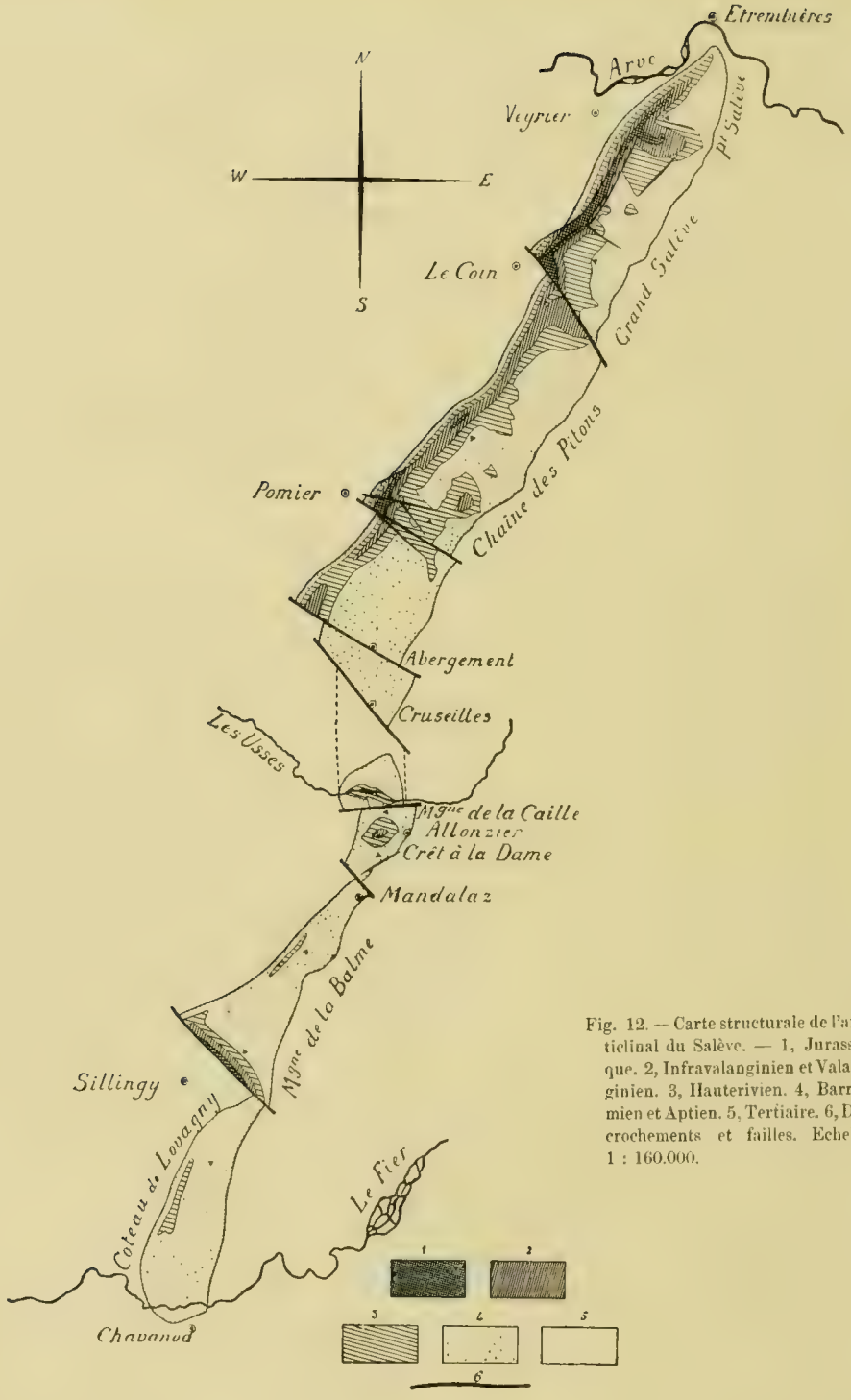


Fig. 12. — Carte structurale de l'anticlinal du Salève. — 1, Jurassique. 2, Infravalanginien et Valanginien. 3, Hauterivien. 4, Barrémien et Aptien. 5, Tertiaire. 6, Décrochements et failles. Echelle 1 : 160.000.

DISLOCATIONS LONGITUDINALES.

Failles.

1. **Faille longitudinale de la paroi du Petit Salève** (pl. 12, fig. 2). Cette faille, peu visible, a cependant donné naissance, suivant son plan, à un petit ravin aboutissant dans un petit cirque qu'on observe à l'extrémité NE. de la paroi de rochers inférieure du Petit Salève, au-dessus du passage à niveau d'Aiguebelle. Elle est visible sur 500^{m} de longueur, mais elle doit se continuer vers le NE. sous les éboulis. Sa direction est N 43° E.; sa lèvre sud-est est affaissée. Nous n'avons pas observé de retroussement notable des couches à l'approche du plan de faille. Au point de l'effort maximum, la partie supérieure du Purbeckien est en contact avec la partie moyenne de l'Infravalanginien, ce qui donne un rejet de 35 à 40^{m}. Dans l'ancienne carrière située au-dessus du passage à niveau d'Aiguebelle, on peut observer dans le plan de la dislocation, une brèche dont le ciment jaune rouge est fortement gréseux.

2. **Faille de la Petite Gorge** (pl. 12, fig. 3-6 β, pl. 10, fig. 1, 2). Elle s'étend du Château de Monnetier jusqu'à la Grande Gorge. Sa longueur atteint 3 km., sa direction est N 32° E. Son tracé, qui longe à une faible distance la grande paroi de rochers du Grand Salève, n'est pas tout à fait rectiligne, mais légèrement en forme d'S. La lèvre sud-est, affaissée, montre un très fort retroussement des couches à la Petite Gorge et dans la région des Treize Arbres, tandis qu'il est beaucoup plus faible sur le versant SW. du vallon de Monnetier. Le rejet atteint son maximum entre l'hôtel des Treize Arbres et la Petite Gorge, au tiers sud-ouest de son tracé, où l'on peut voir le Barrémien inférieur en contact avec le Valanginien, ce qui donne une centaine de mètres de dénivellation. De ce point d'effort maximum, la faille s'est éteinte beaucoup plus rapidement vers le SW. que vers le NE ; c'est peut-être la raison pour laquelle elle se résout à son extrémité sud-occidentale en un réseau de plusieurs cassures.

Au NE., les premières traces de la faille apparaissent au-dessous du Château de Monnetier, où le plan de la dislocation vient se confondre avec la grande paroi de rochers du Petit Salève. Entre le Château et le talweg du vallon de Monnetier, le plan de faille est jalonné par une brèche de friction à ciment jaune rouge, et les calcaires oolitiques du Portlandien horizontal viennent buter contre le massif coralligène mal stratifié du Kimeridgien. Sur le versant SW. du vallon de Monnetier,

cette dislocation apparaît clairement. La figure 1 de la planche 10, en donne une idée suffisante, de sorte qu'il n'est pas nécessaire d'en faire une description détaillée. Le rejet atteint à cet endroit 50m environ. Au-dessus de la Croix, la faille n'est guère visible, grâce à l'épaisseur des broussailles, mais, en arrivant sur le bord du plateau dominé par les Treize Arbres, un abrupt d'Hauterivien supérieur faisant partie de la lèvre affaissée en indique la trace (pl. 12, fig. 4). Plus au SW., aux environs de l'hôtel des Treize Arbres, le Barrémien, relevé de 45° vers le plan de faille, bute contre la partie supérieure du Calcaire roux. Mais c'est surtout sur les deux rives de la Petite Gorge que cette dislocation se montre avec une merveilleuse clarté (pl. 10, fig. 2; pl. 12, fig. 5). De ce point, elle se dirige vers la Grande Gorge, où elle s'éteint en se résolvant en plusieurs cassures que nous avons indiquées schématiquement dans la fig. 6 de la planche 12.

En nombre de points, nous avons observé dans le plan de la faille des brèches de dislocation. Sur le versant SW. du vallon de Monnetier, elles possèdent un ciment jaune rouge ou rouge, calcaréo-argileux, contenant une forte proportion de petits grains de quartz. A la Petite Gorge, on trouve soit un grès quartzeux faiblement calcaire, glauconieux et identique au grès sidérolitique non oxydé, soit une brèche à ciment calcaréo-argileux, un peu gréseux, qui forme une grande lentille de plusieurs mètres d'épaisseur (pl. 10, fig. 2, Br.). Entre la Petite et la Grande Gorge, dans un petit ravin qui coupe la faille, tous les galets de la brèche sont recouverts d'un enduit de limonite.

La topographie ne trahit guère l'existence de la faille de la Petite Gorge; la lèvre affaissée forme en quelques endroits un léger abrupt, mais cela tient simplement à la proximité de l'escarpement du Grand Salève. Cette faille, toutefois, a contribué, comme nous le verrons plus tard, à la formation de la Grande et de la Petite Gorge.

En résumé, dans la forme actuelle du Salève, grâce à la faille de la Petite Gorge, il existe une mince plaque de terrains horizontaux atteignant une longueur de 3 km. qui est soulevée par rapport au reste de la chaîne et qui en forme la façade. Cette situation nous semble instable, et il est bien possible que si l'érosion avait sapé un peu plus avant la base de la montagne, l'escarpement se serait produit suivant cette dislocation. La paroi abrupte de l'extrémité NE. du Grand Salève est peut-être bien due à un phénomène analogue à celui que nous venons de supposer. On observe, en effet, en parcourant le sentier des Bûcherons inférieur, dans la région située au-dessus des carrières de Veyrier et dans la région appelée le Petit Détroit, des fissures parallèles à la paroi, comblées par une brèche à ciment rouge, calcaréo-argilo-gréseux en tous points identique à celle des failles longitudinales du Salève, et dont les éléments montrent des stries de glissement. Parfois, ces cassures

sont accompagnées d'une petite dénivellation des couches. Ces brèches paraissent indiquer la trace presque disparue d'une faille parallèle à celle de la Petite Gorge, qui, par éboulement de sa lèvre NW., aurait donné naissance à l'escarpement actuel du Grand Salève (pl. 12, fig. 3 et 4).

La faille de la Petite Gorge est connue depuis longtemps. C. Lory [81] puis A. Favre [101, t. I, § 244-245] l'ont étudiée. Il restait à en préciser le tracé et le rejet.

3. Faille longitudinale d'Orjobet (pl. 12, fig. 10, 9 et pl. 9). Faille de peu d'importance, dont la direction est N. 85° W. Elle se voit facilement sur la face NE. du décrochement du Coin (pl. 9). C'est suivant son plan que s'est formée la grotte d'où elle tire son nom et dans laquelle on voit la brèche à cailloux multicolores du Purbeckien buter contre l'oolite portlandienne. Ici, le rejet atteint 15m, la lèvre nord étant affaissée. Cette faille est caractérisée par des brèches de dislocation à ciment rouge que l'on peut voir à l'entrée inférieure de la grotte. Les traces de cette dislocation peuvent encore être constatées au haut de l'escarpement, à la limite du Calcaire roux et de l'Infravalanginien. En ce point, un paquet de couches du Valanginien est pincé dans le plan de la faille et soudé aux deux lèvres par un grès jaune identique à ceux qu'on constate dans le plan des autres failles longitudinales du Salève. Une dizaine de fissures dans l'Infravalanginien accompagnent le plan de dislocation. Elles sont comblées par des grès rouges ou jaunes et des dépôts calcaréo-argileux de même couleur.

4. Faille longitudinale de Grange Passey (voir carte et pl. 12, fig. 3, δ). Dislocation faible, qui s'étend de Grange Passey à l'extrémité du vallon de Monnetier, où elle a déterminé un ravin assez accusé dans l'Hauterivien. Comme pour la faille de la Petite Gorge qui lui est presque parallèle, c'est la lèvre SW. qui est affaissée, mais d'une vingtaine de mètres seulement.

Pli-faille du Grand Salève.

(Pl. 7, pl. 11, pl. 12, fig. 4 à 8, ε.)

Un pli-faille affecte la partie NE. du Grand Salève. A l'est, on en constate les premières traces au-dessus des carrières de Veyrier. Les fig. 1, pl. 11 et 4 à 8, ε, pl. 12, indiquent plus clairement sa structure qu'une description. Son rejet atteint ici une cinquantaine de mètres. 500m plus au SW., dans la région de la Tour aux Milans, il présente une disposition tout à fait analogue. Par contre, dans la région de la Petite Gorge (pl. 11, fig. 2) son rejet augmente considérable-

ment, de telle sorte que l'oolite portlandienne est en contact avec la partie inférieure de l'Hauterivien, ce qui représente un rejet de 200 mètres environ. Entre la Grande et la Petite Gorge, le Portlandien qui forme une pente assez forte est en contact avec l'Hauterivien plus ou moins marneux déterminant un palier assez accusé couvert de grands buissons touffus. A la Grande Gorge, le plan du pli-faille s'est considérablement abaissé et disparaît sous les éboulis. On peut admettre qu'il se prolonge assez loin vers le SW., car, au point où on en voit les dernières traces, au bas de la Grande Gorge, rive droite, les calcaires infravalanginiens à *Heterodiceras luci* sont en chevauchement sur l'Hauterivien, ce qui indique encore un rejet de plus de 150m.

En résumé le pli-faille du Grand Salève est visible sur une longueur de 2 km., mais il doit se prolonger assez loin vers le SW. sous les éboulis. Sa surface de chevauchement est irrégulièrement courbe, avec convexité dirigée vers le haut, et avec un plongement de 30 à 40° vers le SE. Tandis que la partie du jambage rompu de l'anticlinal, située au-dessous du plan du pli-faille, ne présente pas de retroussement appréciable (fig. 1, pl. 11) et peu de compression, la partie située au-dessus de ce plan montre un rebroussement considérable vers l'intérieur et une lamination très forte. Ainsi, au bas de la Grande Gorge, au pied du rocher appelé la Poupée, le Purbeckien mesure 3m seulement, et la zone à *Heterodiceras luci*, 4m, alors qu'en épaisseur normale, ces deux terrains atteignent ensemble 65m.

Nous n'avons jamais vu dans le plan du pli-faille les brèches rouges et les grès que nous avons signalés dans toutes les failles longitudinales ; nous n'y avons observé qu'un remplissage peu important de calcite, et parfois de l'argile.

Faille-flexure du Saut Gonet.

(Pl. 7, pl. 9, pl. 12, fig. 7-10, r_1).

Cette faille-flexure naît sur la rive gauche de la Grande Gorge et s'éteint brusquement au-dessus du Coin, au point où elle rencontre le décrochement passant par cet endroit. La grande paroi de rochers de la partie occidentale du Grand Salève, qui atteint sa plus grande hauteur au Saut Gonet est due à sa présence. Son orientation générale est N. 127° W., mais son tracé est courbe, légèrement convexe vers le NNW. Son plan est sensiblement vertical. Sa longueur est de 1km,400. Elle est située presque exactement sur le prolongement de la faille de la Petite Gorge, mais elle en est complètement indépendante, car elle a un rejet de sens inverse. Cette dislocation du Saut Gonet est une flexure à flanc médian rompu. Elle est caractérisée par le fait que sa lèvre surélevée, à couches horizontales, ne présente pas de

rebroussement vers le plan de la rupture, tandis que sa partie affaissée, présente un flanc médian vertical très étiré, réduit parfois au tiers de son épaisseur normale et appliqué contre la tranche de la partie soulevée. Il est assez inattendu de trouver une dislocation de ce genre dans un pli de type jurassien où l'on observe en général le pli-faille. Cette disposition exceptionnelle pourrait bien être due à une faille datant de l'Eocène, qui aurait été rajeunie et accusée lors du grand plissement miocène. En effet, dans le plan de la faille, en plusieurs endroits, on trouve soit une brèche à ciment rouge, argilo-gréseux, comme dans la région du Feuillet et de la Cheminée Margot, soit, comme au pied de l'Aiguille de la Scie, un grès siliceux à glauconie, identique au Sidérolitique. Ce grès a été fissuré, disloqué et ressoudé par un dépôt de calcite.

Dislocations transversales.

Les dislocations transversales du Petit et du Grand Salève sont de deux natures. Les unes sont des failles, les autres de simples fissures béantes, sans dénivellation, et remplies d'un dépôt de calcite dont les cristaux atteignent parfois une très grande taille.

Failles transversales.

Faille transversale de la Grande Gorge. C'est à une petite faille transversale que la Grande Gorge doit en partie sa formation. Cette dislocation est très facilement visible. Si on observe la Grande Gorge de face (pl. 7), on voit, sur la rive gauche, l'escarpement produit par l'Infravalanginien s'arrêter brusquement à la rencontre du talweg, et ne se poursuivre que 45^{m} plus bas sur la rive droite. Cette faille est visible sur une longueur de 800^{m} environ. Sur le sommet de la chaîne, elle met en contact les calcaires blancs barrémiens avec les prairies qui recouvrent les couches plus marneuses de l'Hauterivien.

Faille de la Gorge de la Mule (pl. 7 et pl. 9). Le ravin de la Mule est de même dû à une faille à lèvre sud-ouest affaissée. La dénivellation atteint 35^{m} dans la région du Sphinx, où elle peut être mesurée avec la plus grande facilité, grâce à la grande brèche à cailloux versicolores du Purbeckien, si aisément reconnaissable de part et d'autre du plan de dislocation. La lèvre NE. est assez fortement retroussée vers le bas, comme cela est clairement visible, soit dans la région du Portail du Sphinx, soit entre ce point et le Trou de la Tine. En ce second lieu, la

dénivellation est déjà moins forte, pour devenir à peu près nulle près du Trou de la Tine, ce qui fait penser qu'elle atteint sa valeur maximum à sa rencontre avec la faille-flexure du Saut Gonet.

Dans le plan de cette dislocation, on n'observe pas de grès ni de brèche rouge, par contre, un dépôt de calcite y est visible en plusieurs endroits, et dans la région du Portail du Sphinx, ce remplissage atteint $1^m,50$ d'épaisseur. Ce dépôt de calcite montre à son intérieur des plans de glissement dont les stries plongent de 15 à 30° vers le SSW. Cela indique que *la faille a été formée en deux temps :*

1° *Un mouvement vertical* que prouve le retroussement des couches, suivi d'une période d'arrêt pendant laquelle les vides produits dans le plan de dislocation ont été comblés par de la calcite.

2° *Un mouvement de décrochement* un peu oblique, attesté par les plans de glissement qui coupent la calcite.

Fissures transversales.

Elles ne présentent pas trace de dénivellation, mais sont remplies d'un dépôt de calcite en gros cristaux. Nous n'y avons jamais constaté de grès et de brèches à ciment rouge comme il en existe dans les failles longitudinales. Si nous signalons ces accidents de fort peu d'importance par eux-mêmes, c'est qu'ils sont la cause de la formation des ravins des Sarrots, de la Grande Varappe et du Palavet. Tous les talwegs de ces ravins montrent, en effet, des fissures plus ou moins larges contenant les dépôts de calcite que nous venons de décrire.

Il nous reste encore à mentionner une de ces fissures qui a déterminé la formation d'un petit couloir de la rive gauche de la Grande Gorge, que franchit le sentier de la Grande Gorge Intérieure, avant d'arriver dans la région du Trou du Chat. On la retrouve ensuite plus haut, au bord du sentier de la Corniche. Le filon de calcite qui la remplit atteint ici $3^m,50$ d'épaisseur, il est coupé par des plans de glissement dont les stries, plongeant de 3 à 10° vers le SE., indiquent un mouvement de décrochement presque horizontal. Ce petit accident, dont il n'est pas possible d'estimer le rejet horizontal, doit donc sa formation à deux phases de mouvement séparées par une période de repos.

Le décrochement du Coin.

(Pl. 7, 8, 9 et 12, fig. 10-11.)

Ce décrochement, qui peut compter parmi les plus beaux qu'on puisse voir, a eu pour effet de pousser de 6 à 700^m vers le NW. le tronçon du Grand et du Petit

Salève par rapport à celui des Pitons. La dénivellation verticale atteint 80m environ, la lèvre SW. étant affaissée. Le mouvement n'a donc pas été tout à fait horizontal, ce que prouvent du reste les stries de glissement que nous avons observées à plusieurs endroits dans le plan de cette dislocation, et qui sont inclinées de 3 à 15° vers le sud. La rupture de la chaîne ne s'est pas produite perpendiculairement à sa direction, mais suivant une ligne dont l'orientation est N. 32 W. et qui forme un angle de 66° avec l'axe de l'anticlinal. Dans la topographie, cet accident apparaît avec la plus grande clarté. Le grand escarpement des Etiollets-Chavardon, dominant le hameau du Coin, est un profil idéal de l'anticlinal suivant le plan même du décrochement; il forme, avec le flanc NW. du tronçon des Pitons resté en arrière, un angle rentrant des plus caractérisés. Au pied même de cette grande paroi dont la base est kimeridgienne, on observe le terrain molassique, puis, à sa partie méridionale, en montant le sentier d'Orjobet, toute la série des terrains crétacés et le Purbeckien du tronçon en retrait de la chaîne. Il est moins aisé de suivre la trace du décrochement sur le sommet du Salève, bien qu'il soit indiqué cependant par la topographie. La combe hauterivienne, au sud du Crêt, vient s'arrêter brusquement contre la voûte de Calcaire roux du tronçon en retrait des Pitons. La dépression produite à ce point de rencontre a donné naissance à une petite mare. Sur le versant sud-est de la chaîne, au bord du chemin qui conduit de la Croisette au hameau du Feu, on voit le Barrémien blanc à quelques mètres du Calcaire roux; la ligne de contact anormal est jalonnée par plusieurs filons de calcite et par un lambeau d'Hauterivien inférieur pincé entre ces deux terrains.

Une des particularités les plus intéressantes de ce décrochement est que le plan de rupture est rempli par un énorme dépôt de calcite en très gros cristaux. Ce dépôt forme des placages très étendus en plusieurs points de la paroi de rochers des Etiollets et de Chavardon. Il est le plus facilement visible sur le sentier d'Orjobet qui le traverse à 60m sous la grotte. A 200 ou 300m au sud de l'ouverture supérieure de cette même grotte, cette bande de calcite, qui atteint 8m d'épaisseur, forme un rocher assez considérable. Nous n'avons, par contre, jamais constaté de grès, ni de brèche rouge dans le plan de cette dislocation.

Comme le montrent les figures 10 et 11 de la planche 12, construits de part et d'autre du plan de décrochement, le plissement est sensiblement différent dans les deux tronçons de l'anticlinal. La faille-flexure du Saut Gonet en particulier, est brusquement arrêtée, et on n'en trouve plus trace dans le tronçon des Pitons. La dislocation est donc antérieure au plissement ou en est contemporaine.

2. PARTIE NORD ORIENTALE DES PITONS ET DÉCROCHEMENT DE POMIER

(Pl. 12, fig. 11 à 18.)

Ce tronçon, compris entre les décrochements du Coin et de Pomier, possède une allure générale toute semblable à celle du Grand et du Petit Salève. Son flanc NW., vertical, a été cependant beaucoup moins maltraité. Les accidents, tant longitudinaux que transversaux, ne font toutefois pas défaut dans cette partie de la chaîne.

Dislocations longitudinales.

Petit anticlinal adventif au NW. de la Croisette.

(Pl. 12, fig. 11, 12, 13.)

Au NW. de la Croisette, entre la paroi d'Archamps et le décrochement du Coin, l'anticlinal du Salève se dédouble momentanément. Le petit vallon de la Bouillette n'est pas autre chose, en effet, qu'un synclinal hauterivien bordé au NW. par un petit anticlinal faillé à son sommet (fig. 12 et 13 λ, pl. 12). En montant le sentier de la Croisette, après avoir quitté la Molasse, on traverse le Barrémien renversé (60° SE.) puis l'Hauterivien à même pendage, qui ne tarde pas à reprendre un plongement normal et à former une petite voûte à sommet plissoté. Un peu plus haut, sur cette voûte, subitement, le Calcaire roux plongeant de 60° vers le SE. apparaît ; c'est le flanc sud-est chevauchant de l'anticlinal adventif. Le sentier longe un certain temps le Valanginien, puis pénètre dans l'Hauterivien vertical qui forme le synclinal très aigu de la Bouillette. On atteint ensuite, près du coude le plus oriental du sentier, le Calcaire roux très incliné, puis l'Infravalanginien, qui forment le flanc NW. de l'anticlinal du Salève.

Failles longitudinales du Châble de Genevard.

(Pl. 12, fig. 11, ι, et fig. texte 13 et 14).

Le petit anticlinal adventif que nous venons de décrire est encore affecté de deux petites dislocations ayant déterminé la formation du ravin du Châble de Genevard. Ce sont deux petites failles longitudinales à peu près parallèles, rapprochées, qui ne tardent pas à se confondre vers le SW. Toutes deux ont leur lèvre SE. affaissée.

La plus méridionale seule est visible sur la rive droite du ravin (pl. 11, fig. 12 et fig. texte 13), où elle atteint un rejet de 40 à 50m, les grès hauteriviens arrivant en contact avec la partie moyenne du Valanginien. Sur la rive gauche de ce même ravin, la seconde faille apparaît (fig. 14), tandis que l'amplitude de la première diminue, et que le rejet dû aux deux failles ensemble n'est plus que de 40m environ.

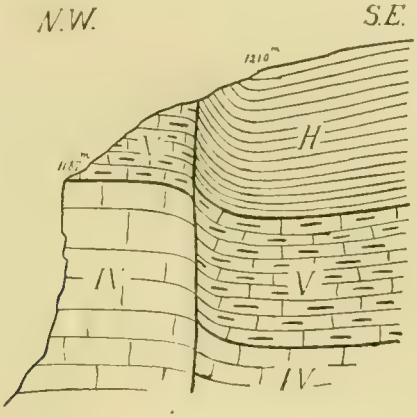


Fig. 13. — Profil passant par la rive droite du Câble de Genevard.
H, Hauterivien. V, Valanginien. IV, Infravalanginien. Echelle 1 : 200.

Ces deux dislocations sont caractérisées par un dépôt abondant de grès qui remplit leur plan de rupture. Ces grès, siliceux, un peu calcaires parfois, sont rouge

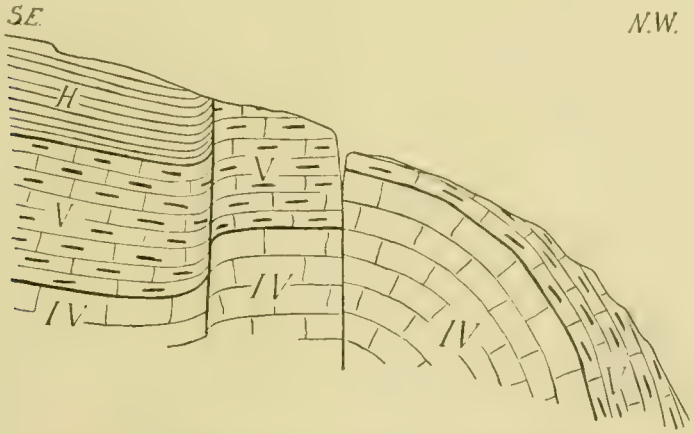


Fig. 14. — Profil passant par la rive gauche du Câble de Genevard
Même légende que dans la fig. 13. Echelle 1 : 200.

brique ou jaune rouge, et présentent la plus grande analogie avec le Sidérolitique de la région. Ils ont même parfois été disloqués et montrent des plans de glissement dans leur intérieur, ou une fissuration dont les joints sont ressoudés par un dépôt de calcite.

Petit anticlinal adventif au nord de la Thuile.

(Pl. 12, fig. 16 et pl. 8.)

Un petit anticlinal adventif, fort court, identique à celui de la région de la Croisette que nous venons de décrire, se détache de celui du Salève. Le chemin qui conduit de Beaumont à la ferme de la Thuile, gravit la pente dans un ravin qui n'est pas autre chose que le petit synclinal de Calcaire roux séparant cette voûte adventive du pli principal. Comme à la Croisette, le flanc NW. de ce petit anticlinal est faillé, ainsi que le montre la pl. 12, fig. 16 μ et la pl. 8. Le plan de cette dislocation peut être observé assez facilement dans la paroi de rocher dominant le hameau de Jussy près de Beaumont. Il s'abaisse vers l'ouest, et au point où il disparaît sous les éboulis, on voit en contact l'Infralanginien et la partie supérieure de l'Hauterivien.

Dislocations transversales.

Failles transversales de la Pointe du Plan.

(Voir carte, fig. texte 15 et pl. 8.)

La Pointe du Plan est due à une aire triangulaire soulevée entre deux failles convergeant vers le NW. Cette sommité est constituée à son sommet par l'Hauterivien supérieur, très glauconieux, horizontal, tandis qu'à sa base, tant du côté NE. que vers le SW. on peut observer le Barrémien, aussi horizontal. L'existence de failles de part et d'autre de ce sommet ne peut donc être mise en doute. De plus, de la Pointe du Plan, ces deux dislocations sont faciles à observer. Deux sillons, très nettement marqués dans la topographie et jalonnés même par quelques emposieux, suivent la trace même des failles ; on les voit converger vers le NW., puis former, dans la paroi NW. du Salève, le ravin profond et escarpé des Petites Croix. Ces deux dislocations ont leur rejet maximum sur le faite même de l'anticlinal du Salève et elles s'éteignent fort rapidement sur son flanc sud. La fig. 15 représente un profil construit suivant l'axe de l'anticlinal. Les failles *a* et *b* sont celles que nous venons de décrire, les dislocations *c* et *d* sont dues au décrochement de Po-

mier et à une petite faille qui l'accompagne. *Dans l'ensemble, la Pointe du Plan apparaît donc comme un horst délimité à l'est par une seule faille d'un rejet de 50m, et à l'ouest par un système de 3 failles en gradins ayant produit une dénivellation totale de 150m environ.*

Le décrochement de Pomier.

(Pl. 12, fig. 18 et 19 et pl. 9.)

Ce décrochement est, en tous points, semblable à celui du Coin, comme le montre la planche 9. Sa direction est perpendiculaire au pli. L'érosion l'a fort peu attaqué, de sorte que la paroi de rocher qui domine Pomier, et dont l'orientation est perpendiculaire à la chaîne, nous montre une fort belle section du tronçon oriental de l'anticlinal qui a été poussé de 500m vers le NW. et soulevé en même temps de 100m. Le mouvement a donc été un peu oblique, mais non pas horizontal. Le plan de dislocation, dont l'orientation est N 58° W., est comblé par un énorme dépôt de calcite en gros cristaux qui atteint plusieurs mètres d'épaisseur. Cela peut s'observer sur le sentier qui conduit de Pomier au chalet de Convers. La trace de ce décrochement est difficile à suivre sur le faîte de la

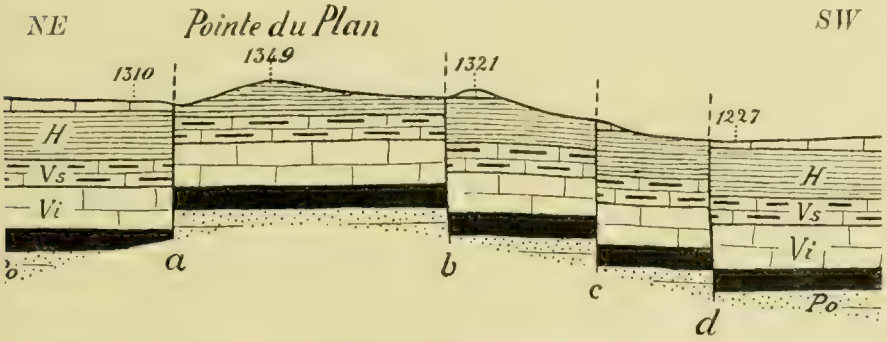


Fig. 15. — Profil longitudinal de l'anticlinal du Salève dans la région de la Pointe du Plan. H, Hauterivien. Vs, Valanginien. Vi, Infravalanginien. Po, Portlandien. Echelle 1 : 12 500.

chaîne, à cause de la rareté des affleurements et surtout parce que la topographie ne l'indique point. Deux petits affleurements de Barrémien, situés au milieu de la pente hauterivienne s'étendant entre la Pointe du Plan et la Brandaz, la jalonnent. Sur le versant SE. de l'anticlinal, elle est indiquée par un ravin assez profond.

Comme le montrent les figures 18 et 19 de la planche 12, il y a une assez forte

dyssymétrie de part et d'autre du plan de dislocation. Le plissement n'est donc pas antérieur au décrochement.

3 et 4. PARTIE SUD OCCIDENTALE DES PITONS ET DÉCROCHEMENT DE L'ABERGEMENT. RÉGION DE L'ABERGEMENT ET DÉCROCHEMENT DE CRUSEILLES

Partie sud occidentale des Pitons.

(Pl. 12, fig. 19 et 20.)

Elle est comprise entre les décrochements de Pomier et de l'Abergement et ne présente pas de particularités bien saillantes. L'anticlinal atteint ici sa largeur maximale, soit 2^{km},800. Il revêt la forme d'une voûte très large, à flanc NW. vertical, et dont le sommet très aplati présente même une légère inflexion. Les dislocations font défaut dans ce tronçon qui est encore recouvert, presque complètement, d'une carapace de Barrémien, sauf dans son jambage NW., où la dénudation n'a pas fait affleurer de terrain plus ancien que l'Infravalanginien.

Décrochements de l'Abergement et de Cruseilles.

(Pl. 12, fig. 20, 21, 22.)

La chaîne du Salève, jusqu'au point où nous l'avons décrite, s'élève toujours au-dessus de 1000^{m}. Ainsi, au Château des Avinières, le Barrémien, qui forme la clef de voûte atteint 1059^{m}. A partir de ce point, l'anticlinal s'abaisse considérablement, disparaît même sous la Molasse, et ne domine plus la région tertiaire avoisinante. Au Château de Cruseilles, à 3^{km} au sud de celui des Avinières, le Barrémien n'atteint déjà plus que l'altitude de 822^{m} et à la cluse des Usses, à 2^{km} plus au sud encore, 655^{m} seulement. Cet affaissement brusque de 400^{m} de l'anticlinal est en connexion avec les deux décrochements de l'Abergement et de Cruseilles, qui sont convergents et à peine éloignés l'un de l'autre de 1^{km}. Ces deux dislocations sont fort importantes, mais elles apparaissent beaucoup moins clairement que celles, de même nature, qui ont été étudiées plus haut. Maillard [**169**, p. 9] et Schardt [**171**, p. 153 et pl. 6], ayant constaté un brusque déplacement de l'axe anticlinal à Cruseilles, avaient déjà admis l'existence d'un décrochement dont ils n'avaient pas précisé la situation. Nous allons voir qu'il y a lieu d'admettre deux de ces accidents.

Décrochement de l'Abergement. (Voir carte et pl. 12, fig. 20-21). Sa trace est perpendiculaire à l'axe de l'anticlinal; elle est indiquée par une dépression transversale passant par le hameau de l'Abergement. On peut observer cette dislocation le plus facilement dans la région de Saint-Blaise. Au hameau de Leclerc, à 864^{m}, on voit très clairement, dans les carrières, la charnière de l'anticlinal se fermer dans l'Infravalanginien, et vers l'ouest, près de Jussy à 120^{m} plus bas, dans le prolongement de l'axe de l'anticlinal, on peut observer la Molasse horizontale. Il ne peut donc y avoir de doute; le pli est brusquement interrompu. Sur le versant SE. de la chaîne, le décrochement n'est pas difficile à reconnaître. Si l'on circule dans la région de l'Abergement et de Voiry, on voit qu'au-dessus de ce dernier endroit, le flanc sud-est du pli du Salève, constitué par du Barrémien plongeant de 30°, cesse brusquement à l'ouest, pour faire place, jusqu'à près de 1^{km} plus au sud, à une région peu accidentée d'où émerge une série de petites éminences buissonneuses de Barrémien horizontal ou à peu près. Cette région, plus ou moins tabulaire, n'est pas autre chose que le sommet très aplati du tronçon SW. de l'anticlinal, repoussé d'un kilomètre environ vers le SE. Il est difficile de déterminer exactement le rejet vertical du décrochement, car il y a pendage des couches du tronçon NE. soulevé vers le tronçon SW. affaissé. Cependant, dans la région des Avinières, et sur le plateau situé entre l'Abergement et Cruseilles, deux endroits situés de part et d'autre du décrochement et qui en sont suffisamment éloignés pour n'être plus influencés par lui, le Barrémien est respectivement à 1059^{m} et à 860^{m}, indiquant ainsi un rejet vertical approximatif de 200^{m}.

Décrochement de Cruseilles. (Voir carte et pl. 12, fig. 21-22). Il n'est pas facile d'en préciser les caractères. L'anticlinal s'enfonce sous les dépôts tertiaires fort tendres, souvent recouverts encore d'une couverture morainique épaisse, de sorte que les affleurements des terrains structuraux deviennent fort rares. On peut voir, cependant, entre Troinex et Ronzier, une puissante série molassique verticale ou même renversée, dont les couches sont dirigées à peu près vers le NNE. Dans la vallée des Usses, un peu en aval de la cluse de la Caille, entre Féchy et Chez Jouvenet, cette même Molasse renversée est aussi visible. Elle représente le flanc NW. vertical ou même renversé de l'anticlinal du Salève, momentanément affaissé et recouvert de Tertiaire. Si l'on prolonge ces couches verticales vers le NE., on voit qu'elles doivent venir buter dans la région de Pont des Petits-Bois contre les couches à peu près horizontales du Barrémien formant la voûte aplatie du tronçon de l'anticlinal situé au delà du plan de décrochement.

La valeur du rejet horizontal de cette dislocation ne peut être estimée exactement; elle doit atteindre environ 1 kilomètre.

C'est aux environs de Cruseilles que la trace de cet accident peut être observée avec le plus de clarté. La colline qui supporte les ruines du Château, située au NW. du village, est constituée par le Barrémien dont les bancs plongent de 10° vers l'ouest. L'altitude de ce terrain est de 822^{m}. Au pied de l'escarpement qu'il forme, dans le Nant de Saint-Martin, la Molasse, plongeant de 10° vers le NW. se trouve à l'altitude de 727^{m}, soit 100^{m} plus bas environ. Le rejet vertical, assez faible, est difficile à évaluer. Au Noiret, sur le sommet du tronçon de l'anticlinal compris entre Cruseilles et les Usses, le Barrémien, au point où il disparaît sous la Molasse, atteint l'altitude de 732^{m}. Aux environs de Cruseilles, de l'autre côté du plan de décrochement, nous trouvons la surface de ce même terrain entre 820 et 840^{m} ce qui donne une dénivellation d'une centaine de mètres.

Tronçon de l'Abergement compris entre les deux décrochements de l'Abergement et de Cruseilles.

(Pl. 12, fig. 21)

Ce tronçon n'a pas un grand intérêt au point de vue tectonique. Dans cette région étroite et triangulaire, le Barrémien horizontal, ou presque, est à peine dépouillé de son revêtement de Sidérolitique. Il représente le sommet très aplati du pli du Salève qui émerge à peine au-dessus de la Molasse.

5. RÉGION DE CRUSEILLES ET DÉCROCHEMENT DE LA CAILLE

(Pl. 12, fig. 22-23.)

Cette partie de l'anticlinal, affaissée et recouverte presque complètement par la Molasse, ne présente pas tout à fait la forme d'une voûte simple comme l'admettait Maillard [**169**, p. 3]. Cet auteur se basait sur ce qu'on peut voir dans la cluse des Usses; mais l'érosion n'a pas atteint de couches assez profondes pour montrer que le flanc NW. de cette partie de l'anticlinal est vertical aussi bien que dans celles que nous venons d'étudier. La puissante série molassique verticale et renversée de Ronzier et de Chez Jouvenet en fait foi.

Décrochement de la Caille.

A partir de la cluse des Usses, l'anticlinal, qui jusqu'ici était affaissé et recouvert même de Molasse, surgit de nouveau brusquement pour former la montagne de la Caille. Un changement aussi rapide dans l'altitude de l'axe du pli ne peut être dû qu'à une dislocation transversale. Nous avons, en effet, constaté l'existence d'un décrochement qui n'est, à vrai dire, pas très aisément reconnaissable. Toutefois, si du Pont de la Caille, on remonte la rive gauche des Usses jusqu'en amont de la cluse, on trouve les bancs du Barrémien qui s'enfoncent vers le SE. sous la Molasse à l'altitude de 750 m. Sur le même versant de la rivière, presque sur la même verticale, au bord de la route, à mi-distance entre le Pont de la Caille et Allonzier, le Barrémien, avec le même plongement SE., peut être constaté à 660 m c'est-à-dire presque 100 m plus haut. Cela indique que la partie SE. du pli, située à l'ouest des Usses, a été considérablement rejetée vers le SE. Sur le versant NW. de la chaîne, le décrochement est également très sensible. Le Roc de Néplier est formé de bancs barrémiens plongeant vers le NW. Ils constituent le jambage NW. du tronçon Cruseilles-Caille de l'anticlinal du Salève. Plus au SW., ces bancs sont brusquement interrompus, et on ne retrouve les mêmes couches inclinées de 30° vers le NW. et constituant le flanc NW. de la montagne de la Caille et du Crêt à la Dame, que 500 m plus au SE. Contrairement à ce que l'on constate pour tous les autres décrochements du Salève, celui-ci présente sa lèvre SW. fortement soulevée, de 180 m environ.

Les Usses n'ont pas choisi le plan même du décrochement pour entailler l'anticlinal ; la cluse que ce cours d'eau a creusée est, en effet, parallèle à la dislocation, mais à une très petite distance d'elle. La rivière a cependant profité du fait qu'en cet endroit l'affaissement du pli atteint son maximum.

Une faille perpendiculaire au décrochement que nous décrivons ci-dessus, et qui vient buter contre lui, peut être observée sur le versant gauche de la cluse des Usses. Sa lèvre NW., restée en place, forme le Roc de Néplier. Le plan de cette dislocation peut être constaté au bord du chemin conduisant aux Bains de la Caille, et c'est de la route nationale, à mi-distance entre le Noiret et le Pont de la Caille que cet accident apparaît dans son ensemble avec beaucoup de clarté.

Nous arrivons à la limite de notre carte et c'est ici que s'arrête également notre description tectonique détaillée de la chaîne du Salève. Nous renvoyons aux auteurs qui se sont occupés de la partie méridionale de cet anticlinal [Maillard, **165** et **169**. — Schardt, **171**], et nous nous bornons à présenter ici quelques ob-

servations nouvelles (voir la carte géologique au 1 : 80.000, feuille d'Annecy, et notre fig. 12).

6. LA MONTAGNE DE LA CAILLE ET LE CRÊT A LA DAME. DÉCROCHEMENT DE MANDALAZ

Ces deux petites montagnes, de 842 et 889 m, sont séparées par la vallée d'Allonzier dont le talweg a une altitude maximale de 700 m. Pour MAILLARD, [165, p. 2] la formation de cette vallée est due à une faille. Un profil longitudinal du tronçon de l'anticlinal que nous étudions présenterait la disposition indiquée par la figure 16 A que nous donnons d'après ce géologue. Il n'en est cependant pas ainsi, car le versant méridional de la vallée d'Allonzier n'est pas formé par un dos de Barrémien; mais, comme on peut très facilement l'observer, par la tranche des couches du Valanginien, de l'Hauterivien et du Barrémien. Le profil longitudinal véritable de cette partie de l'anticlinal, est celui que nous repré-

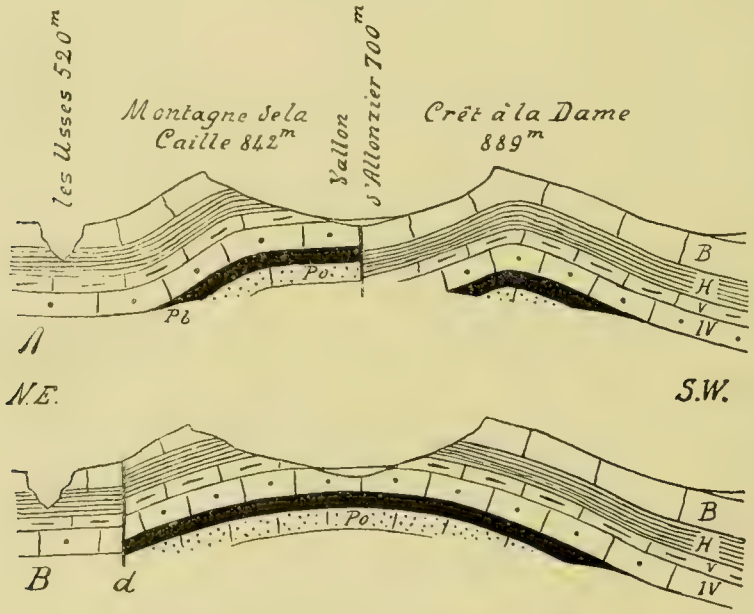


Fig. 16. — Profil longitudinal de l'anticlinal du Salève dans la région de la montagne de la Caille et du Crêt à la Dame. A, D'après MAILLARD; B, d'après nos observations. Po, Portlandien. Pb, Purbeckien. IV, Infravalanginien. V. Valanginien. H, Hauterivien. B, Barrémien. d, décrochement de la Caille. Echelle 1 : 25.000.

sentons dans la figure 16 B; la vallée d'Allonzier n'a point une origine tectonique, c'est une vallée surimposée.

MAILLARD [**165**, p. 2, pl. I, fig. 3] signale encore que le Crêt à la Dame présente un renversement de son jambage SE. Nos observations n'ont pas confirmé cette manière de voir. Nous avons, au contraire, constaté la présence d'une faille longitudinale bordant le pied SE. de l'anticlinal et ayant déterminé un abrupt assez important, montrant la tranche des couches très peu inclinées du Barrémien. Au pied de l'escarpement, on trouve un bel affleurement de Sidérolitique dans une carrière.

Le Décrochement de Mandalaz.

Sa direction est oblique à l'axe de l'anticlinal. Son rejet horizontal est de 600 à 700 m. Il n'y a pas de rejet vertical, les deux lèvres de la dislocation s'abaissant graduellement l'une vers l'autre.

7. LA MONTAGNE DE LA BALME ET LE DÉCROCHEMENT DE SILLINGY

La Montagne de la Balme, presque entièrement revêtue de Barrémien, est caractérisée, comme MAILLARD l'a montré [**165**, pl. I, fig. 1-2], par le redressement brusque de son axe à son extrémité SW., à l'approche du décrochement de Sillingy, ce qui permet au Purbeckien d'affleurer.

Le Décrochement de Sillingy.

C'est le plus important de tous ceux du Salève, puisque la montagne de la Balme a été poussée de 2 km. et demi vers le NW., par rapport au coteau de Lovagny. Son rejet vertical est très considérable. La lèvre NE. du décrochement est constituée par la haute muraille dominant Sillingy, dont le Barrémien de la crête est à 900 m. Ce même terrain, de l'autre côté du plan de dislocation, à l'extrémité NE. du coteau de Lovagny, se trouve à l'altitude de 500 m. L'affaissement subi par l'extrémité SW. de la chaîne atteint donc 400 m.

8. LE COTEAU DE LOVAGNY

Nous n'avons rien à ajouter à ce qui a été dit au sujet de cette voûte barrémienne dont le point culminant est à 674 m et qui s'enfonce sous la Molasse au delà de la cluse du Fier.

AGE DES DISLOCATIONS DU SALÈVE

Nous avons vu plus haut que toutes les failles longitudinales que nous avons observées contiennent dans leur plan des brèches à ciment gréseux rouge ou jaune d'ocre, ou même un grès quartzeux identique aux dépôts sidérolitiques de la région. Il est très remarquable que ces dépôts fassent complètement défaut dans les dislocations transversales qui sont parfois toutes voisines des précédentes. Ces faits nous semblent suffisants pour pouvoir admettre que les dislocations du Salève se sont produites à deux époques différentes. *Les cassures longitudinales nous paraissent devoir être contemporaines du Sidérolitique ou un peu antérieures,* la sédimentation des grès s'étant opérée directement dans les fissures nouvellement formées. Cette hypothèse paraît confirmée par le fait que, souvent, ces dépôts de grès présentent dans leur masse, soit des plans de glissement, soit une fissuration qu'une cristallisation de calcite a comblée postérieurement. Cet état de dislocation des grès des plans de faille nous paraît être un effet des grands plissements de la fin de l'ère tertiaire.

On peut se figurer d'une façon approximative l'aspect que présentait la terre sidérolitique de la région ; elle devait être fort peu ondulée, puisque partout, sur le bord du Jura central et méridional et au Mormont, les grès reposent sur le Barrémien et plus rarement sur l'Hauterivien. Il n'est dès lors pas étonnant d'y trouver des cassures ou des failles verticales qui sont si abondantes dans les régions tabulaires. Il est fort possible que, lors des plissements de la fin de l'ère tertiaire, ces cassures et ces failles aient été rajeunies, au moins en partie. Cela paraît être le cas pour la faille-flexure du Saut Gonet, puisque les couches de l'une des lèvres ont été redressées contre l'autre lèvre, le genou du Salève s'étant formé suivant le plan même de cette dislocation.

Le pli-faille du Grand Salève, les décrochements et les failles transversales, doivent par contre dater de l'époque des grands plissements alpins de la fin de l'ère tertiaire. Ces dernières dislocations même ne se sont pas toutes produites d'une façon continue. Nous avons vu, en effet, que la faille de la Mule avait nécessité deux temps de formation séparés par une période de repos, courte probablement, mais suffisamment longue toutefois pour permettre le dépôt assez considérable de calcite en gros cristaux qu'on observe dans le plan de rupture.

HYPOTHÈSE EXPLIQUANT LA STRUCTURE EN DÉCROCHEMENTS DE LA CHAINE DU SALÈVE

Maillard et Schardt [**169**, p. 9 ; **171**, p. 153] ont déjà insisté sur l'importance que présentent les décrochements pour le pli du Salève. Nos recherches dans la partie nord orientale de cette chaîne ont permis de montrer que sa structure en décrochements en escalier était encore plus accusée qu'on ne l'avait supposé jusqu'ici. Il suffit, en effet, de jeter un coup d'œil sur la figure 12 pour être immédiatement frappé par le tronçonnement plusieurs fois répété de l'anticlinal que nous avons étudié. Une disposition aussi régulière ne peut être que le résultat d'une seule et même cause, et la seule qui nous paraisse satisfaisante est l'arrivée des nappes de recouvrement dans la région sud orientale du Salève.

Si l'on observe la répartition actuelle des lambeaux des nappes préalpines situées au SE. et à l'est du Salève (Voirons, Môle, klippes des Annes et de Sulens), on voit que leur bordure forme une ligne dirigée approximativement du nord au sud. Les nappes ayant la tendance à s'épancher dans les cuvettes, on peut admettre même que, dans la région du Môle, elles devaient s'avancer plus vers l'ouest qu'actuellement et former un feston pénétrant dans la région de la Roche et de Pers-Jussy. La partie nord orientale du Salève était donc beaucoup plus rapprochée de la bordure des nappes préalpines que la partie sud occidentale. On peut aisément comprendre que le refoulement produit par l'arrivée de l'énorme masse charriée ait agi inégalement sur les différentes parties du pli que nous étudions et que l'effet produit ait été d'autant plus fort que les différentes parties de l'anticlinal étaient situées plus à l'est. Le pli, très allongé, soumis ainsi à des pressions inégales n'a pu que se rompre en tronçons, jusqu'à ce que l'équilibre ait été rétabli.

Les plissements indépendants que l'on observe de part et d'autre de la grande faille d'Annecy-Sillingy-Vuache nous paraissent être dus aux mêmes causes, c'est-à-dire au refoulement beaucoup plus fort que les nappes ont fait subir à la région située à l'est de cette grande cassure. La pression opérée par les masses préalpines est encore manifestée par le fait que les axes anticlinaux des montagnes de la Balme et de Veyrier montrent un redressement brusque à l'approche de la dislocation.

CHAPITRE IV

MORPHOLOGIE

RELATIONS ENTRE LES FORMES TOPOGRAPHIQUES ACTUELLES ET LA TECTONIQUE

Si l'on excepte les vallons de Monnetier et d'Allonzier et quelques autres dépressions peu importantes qui sont, comme nous le verrons plus loin, des formations épigéniques, les accidents topographiques du Salève sont sous la dépendance complète de la tectonique.

Tous les cols qui traversent la chaîne, tels que ceux de la Croisette, de Mandalaz, la grande dépression transversale de Cruseilles et la Cluse de Sillingy, sont dus aux décrochements.

Les parois de rochers doivent leur origine à des failles, par décollement et enlèvement des terrains d'une des lèvres. Nous avons vu que tel était probablement le cas pour la partie orientale de l'escarpement du Grand Salève, les indices d'une faille ayant été découverts à son pied. La grande muraille du Saut Gonet a pris naissance suivant le plan de la faille-flexure de ce nom, celles des Etiollets, de Pomier, de la Balme de Sillingy sont dues à des décrochements.

Il existe, sur la face du Grand Salève, une série de ravins ou de gorges dont l'origine est intéressante. Topographiquement, on en distingue deux groupes: *celles qui ont la forme d'un simple sillon,* comme le Grand et le Petit Sarrot, la Varappe, le Palavet et la gorge de la Mule et *celles qui affectent la forme d'un cirque* à fond en entonnoir, comme la Grande Gorge, la Petite Gorge et le Câble de Genevard.

Les premières sont dues soit à une fissure sans dénivellation, indiquée par un remplissage de calcite en gros cristaux (Sarrots, Varappe, Palavet), soit à une véritable faille, comme cela est le cas pour la gorge de la Mule. Dans cette catégorie, l'érosion a fait son œuvre en suivant simplement la dislocation, d'où la forme linéaire des gorges.

Les secondes ont pour cause déterminante l'intersection de fissures ou de failles transversales avec des failles longitudinales. Pour la Petite Gorge, c'est la grande faille de ce nom qui est coupée par une petite faille transversale dont le rejet n'atteint que quelques mètres, mais qui fut suffisant pour permettre à une

forte érosion de se produire. La Grande Gorge se trouve au point de convergence d'une faille transversale de 45 m de rejet, de la terminaison ramifiée de la faille de la Petite Gorge et de l'extrémité de la faille-flexure du Saut Gonet. Le Câble de Genevard, enfin, a pris naissance grâce à l'intersection de deux failles longitudinales presque parallèles et très rapprochées et d'une fissure transversale fort peu marquée.

FORMES DU RELIEF DONT L'ORIGINE N'EST PAS DUE A DES CAUSES TECTONIQUES

Il nous reste à parler de quelques vallons entamant l'anticlinal du Salève et se trouvant dans des régions où nous n'avons pu reconnaître aucun accident tectonique. Il s'agit ici en général de formations épigéniques.

Le vallon de Monnetier depuis H. B. DE SAUSSURE et G. A. DE LUC a été l'objet de nombreuses discussions[1]. Nous ne les résumerons pas, et renvoyons aux auteurs qui en ont parlé. Il n'existe dans ce vallon aucun dérangement des couches qui permette de lui attribuer une cause tectonique. Les bancs de son versant oriental se continuent régulièrement sur son versant occidental. On est bien obligé d'admettre, ainsi que LUGEON l'a fait, qu'il s'agit d'une vallée épigénique. Mais, tandis que ce dernier auteur la considère comme une vallée antécédente, c'est-à-dire plus ancienne que le pli qu'elle a scié au fur et à mesure qu'il se formait, nous pensons plutôt qu'elle doit être due simplement à un phénomène de surimposition. On sait que l'anticlinal du Salève a été recouvert par une épaisse couche de dépôts molassiques. Il ne nous paraît pas douteux, également, que ces dépôts se soient élevés au moins à 300 ou 400 m plus haut que la surface de l'ancienne pénéplaine dont le plateau des Bornes constitue l'un des vestiges. Le décapage des terrains mous qui recouvraient l'anticlinal du Salève a certainement été rapide. Pendant ce temps, la région située entre ce pli et les Alpes se nivelait à une altitude beaucoup plus grande que le plateau actuel des Bornes; un réseau hydrographique établi à sa surface conduisait les eaux vers la dépression helvétique plus élevée que de nos jours. Il n'est pas étonnant qu'un cours d'eau, très probablement l'Arve, coulant au pied de l'extrémité orientale du Salève, endigué

[1] H.-B. DE SAUSSURE [**1**, t. I, § 225, 226]. — L. BERTRAND [**7**, pp. 86-100]. — G.-A. DELUC [**9**, p. 275]. — J.-A. DE LUC [**13**, t. 4, p. 143; **14**]. — A. FAVRE [**45**, p. 58; **101**, t. I, § 212]. — WARTMANN [**53**]. — C. VOGT [**77**, p. 113]. — RUSKIN [**98**]. — EBRAY [**146**, pp. 568 et 575; **147**]. — LUGEON [**191**, p. 315].

dans son lit de Molasse, ait été obligé d'entailler le pli, au point où il s'enfonçait sous les dépôts tertiaires, grâce à l'abaissement graduel du réseau fluvial de toute la région. Ce n'est que beaucoup plus tard, grâce à la forte plongée du pli dans la direction des Voirons et à l'approfondissement rapide des vallées que la cluse de Monnetier a été abandonnée par voie de capture ainsi que l'a montré LUGEON.

Les Gorges du Fier, à l'autre extrémité de la chaîne du Salève, nous offrent du reste, une image parfaite de ce que dut être le vallon de Monnetier à l'origine, et si nous supposons un abaissement de 200^{m} de la plaine avoisinante par dénudation, le défilé du Fier, qui se sera alors beaucoup élargi puisqu'il aura atteint les couches tendres de l'Hauterivien, nous offrira la plus grande analogie avec le vallon qui nous occupe au moment où il n'avait pas encore perdu son cours d'eau.

Le vallon d'Allonzier, situé entre la montagne de la Caille (842^{m}) et le Crêt à la Dame (889^{m}) a son talweg à 700^{m} d'altitude. MAILLARD [**165,** p. 2, pl. 1, fig. 2] attribuait sa formation à une faille ; nous avons vu plus haut qu'il n'en est rien et que les couches du versant Est de ce vallon passent sans dérangement jusqu'à son versant Ouest. La coupure d'Allonzier est donc une vallée épigénique, et c'est un des plus beaux exemples de surimposition qu'on puisse voir, puisque les deux montagnes du Crêt à la Dame et de la Caille formaient un véritable dôme qui a été entamé à son sommet par l'érosion fluviale (fig. 16 B).

La cluse des Usses ou de la **Caille,** coupure profonde et étroite due au travail de l'eau courante, n'est point tout à fait indépendante des actions tectoniques, puisqu'elle s'est formée au point d'affaissement maximum de la partie centrale de l'anticlinal du Salève.

Ravins de la Joie et de la Crotte. Il nous reste à parler des deux ravins assez importants de la Joie et de la Crotte qui ont attaqué la carapace barrémienne du versant Sud-Est du pli du Salève. Leur origine est obscure, nous n'avons pu découvrir, pour la première, aucun fait tectonique qui puisse expliquer sa formation. Il semble plutôt qu'elle se soit établie sur un ancien sillon d'érosion sidérolitique, car on trouve un dépôt assez important de grès dans son talweg. Le ravin de la Crotte est peut-être dû en partie à une cause tectonique, et en partie à d'anciennes érosions. On y voit, en effet, aboutir dans sa partie supérieure et occidentale une des failles de la Pointe du Plan. Sa partie supérieure orientale, au contraire, est sur le prolongement d'un important sillon d'érosion datant du Sidérolitique, et ayant atteint l'Hauterivien.

PHÉNOMÈNES DE CAPTURE

Vallon de Monnetier et vallée d'Allonzier. Nous avons vu précédemment comment LUGEON explique la capture de l'ancien cours d'eau qui occupait le vallon de Monnetier. Nous essayerons, en peu de mots, de reconstituer l'histoire de la vallée surimposée d'Allonzier[1] aujourd'hui morte et suspendue même, puisque son talweg est à l'altitude de 700 m, tandis que, en amont, à l'entrée de la cluse, la route nationale n'est qu'à 650 m de hauteur. Cette vallée servait à l'écoulement des eaux du cours supérieur de la Filière et de ses affluents, notamment le cours supérieur actuel des Usses, eaux qui suivaient la direction du cours inférieur des Usses. Le surcreusement du bassin d'Annecy survint; les affluents se rendant dans cette dépression furent doués d'une force d'affouillement nouvelle et l'un d'eux, par érosion régressive, vint capter le cours supérieur de la Filière dans la région du Plot. Il persiste, en effet, une série de hauteurs molassiques à Cuvat (757 m), Charvonnex (760 m), les Ollières (811 et 836 m), restes de l'ancienne ligne de faite séparant les réseaux de la Filière et du Fier, tandis qu'on observe un col bas (696 m), trace de l'ancienne dépression, entre le cours supérieur de la Filière et la vallée des Usses. C'est à ce moment que la vallée d'Allonzier fut abandonnée et que le tronçon inférieur des Usses fut raccordé à son tronçon supérieur actuel, tout d'abord par une petite vallée aujourd'hui morte située entre le roc Néplier (712 m) et la montagne de la Caille (842 m), puis plus récemment par la profonde cluse de la Caille.

Le Nant de S^{t}-Martin. Dans la région méridionale de notre carte, on peut observer un petit phénomène de capture, très instructif. Le Nant de S^{t}-Martin, affluent des Usses, beaucoup plus long autrefois, passait par Cruseilles, et son cours supérieur était constitué par le ruisseau appelé le Marmeton. Un autre affluent des Usses, le Tolay, situé beaucoup plus en amont, dériva par érosion régressive les eaux du Marmeton de sorte que la partie de l'ancien Nant de S^{t}-Martin, située entre Cruseilles et Biolay, présente l'aspect d'une petite vallée morte, des plus typiques, dont le fond est occupé par le marécage de Voiry.

Enfin, KILIAN, REVIL et LEROUX [**211**] ont montré récemment que la **Cluse de Sillingy,** qui servait de déversoir aux eaux de la dépression d'Annecy, fut elle-même asséchée grâce au Fier qui, par une érosion régressive, put se tailler une gorge à travers l'anticlinal barrémien de Lovagny et détourna ainsi les eaux du lac d'Annecy.

[1] Voir la carte géologique au 1 : 80.000, feuille Annecy.

CHAPITRE V

PALÉONTOLOGIE

PAR

Jules FAVRE.

Un assez grand nombre de paléontologistes se sont occupés indirectement de la faune fossile du Salève, ainsi qu'on peut s'en rendre compte en consultant la liste bibliographique que nous donnons à la fin de notre ouvrage. Il n'existe, par contre, qu'un petit nombre de travaux se rapportant exclusivement à cette montagne. En 1779, G.-A. DE LUC [2] parle de deux espèces de fossiles qui, dans la suite, seront appelés *Diceras luci* Defr. et *Pinnigena saussuri* (Desh). Beaucoup plus tard, en 1845, A. FAVRE [46] donnne une étude approfondie sur l'une de ces espèces. Mais la première monographie, comprenant une faune entière, fut publiée en 1861 par DE LORIOL [88] qui décrivit près de 200 espèces de fossiles de l'Hauterivien. En 1866, le célèbre paléontologiste genevois [100] s'occupe encore des faunes du Barrémien, du Valanginien et du Jurassique supérieur.

Nous n'avons pas recueilli de matériaux qui permettent de compléter ce qui a été dit au sujet du Barrémien et de l'Hauterivien. En revanche, nous avons découvert des gisements de fossiles assez riches dans le Jurassique supérieur. En outre, comme nous sommes arrivé à des vues nouvelles concernant la stratigraphie des étages voisins de la limite du Jurassique et du Crétacé, il était nécessaire de reprendre l'étude paléontologique du Portlandien, du Purbeckien et de l'Infravalanginien.

On trouvera à la fin de cette monographie une liste des ouvrages cités d'une façon abrégée au cours de cette étude paléontologique.

Les dessins de sections axiales de Gastéropodes que nous donnons plus loin ont été faits de la façon suivante. Les sections des fossiles, une fois polies, ont été agrandies à la chambre noire, le verre dépoli étant remplacé par un verre ordinaire recouvert d'un papier transparent sur lequel l'image apparaissait. Le dessin, qui a été fait directement sur cette image, présente donc toute l'exactitude désirable.

FAUNE DU TITHONIQUE INFÉRIEUR

La faune du Jurassique coralligène du Salève a déjà été étudiée par DE LORIOL, en 1866, dans sa « *Description des fossiles de l'Oolithe corallienne, de l'étage valanginien et de l'étage urgonien du Mont Salève* ». Nous avons déjà montré dans la partie stratigraphique de notre monographie (p. 332) qu'on avait confondu jusqu'ici deux faunes coralligènes tout à fait distinctes: l'une provenant du « *Calcaire corallien* », de A. FAVRE, faisant partie du Jurassique supérieur et ne pouvant être plus récente que le portlandien inférieur, l'autre, recueillie dans « l'*Oolithe corallienne* » du même géologue et qui doit se placer à la base de l'Infravalanginien. Nous avons vu que les deux niveaux fossilifères en question sont séparés:

a) par un complexe de calcaires oolitiques, parfois compacts, atteignant 30 mètres environ, qu'on peut rapporter au Portlandien supérieur.

b) par le Purbeckien, à facies d'eau douce et marin, mesurant 45 mètres d'épaisseur.

Il y a donc lieu de reprendre les espèces décrites par DE LORIOL et de chercher à déterminer pour chacune d'elles son niveau réel. Dans la plupart des cas nous avons réussi, car, le gisement fréquemment indiqué dans la *Description des fossiles de l'Oolithe corallienne* « Carrière de Monnetier » ne peut se rapporter qu'à l'Infravalanginien; celui du « bas de la Grande Gorge », souvent cité aussi, est certainement jurassique supérieur, l'Infravalanginien faisant défaut à cet endroit tandis qus le Portlandien inférieur y est assez fossilifère. En outre, la roche de l'Infravalanginien, une brèche calcaire zoogène oolitique un peu crayeuse, gris jaunâtre, se distingue toujours facilement des calcaires du Portlandien ou du Kimeridgien supérieur qui sont d'un blanc beaucoup plus pur.

Nous avons pu reconnaître que parmi les espèces signalées au Salève par DE LORIOL (*loc. cit.*) les suivantes proviennent de l'Infravalangien :

Pygurus blumenbachi (Koch et Dunk.).
Desorella icaunensis (Cott.)
Pecten rochati de Lor.
Lima comatula Buv.
Pinnigena saussuri (Desh.).
Lithodomus luci de Lor.
Corbis salevensis de Lor.
Diceras escheri de Lor.
Diceras luci Defr.
Cardium corallinum Leym.
Natica dejanira d'Orb.
Cerithium monetierense de Lor.
C. nodosostriatum Peters.
Pseudomelania clio (d'Orb.).
Itieria renevieri de Lor.
Nerinea defrancei Desh.
N. depressa Voltz.

Les suivantes proviennent du Jurassique supérieur :

Cidaris carinifera Ag.
Rhynchonella astieriana d'Orb.
Terebratula insignis Schübl.
T. formosa Sues.
T. bieskidensis Zeuschn.
T. moravica Glocker
Placunopsis pictetianus de Lor.
Pecten globosus Quenst.
P. subspinosus Schloth.
Lima salevensis de Lor.
Cardita studeriana de Lor.
Patella salevensis de Lor.
Neritopsis mortilleti de Lor.
Cerithium salevense de Lor.
Pseudomelania calypso d'Orb.
Nerinea salevensis de Lor.
N. moreana d'Orb.
N. dilatata d'Orb.
Itieria renevieri de Lor.

Nous ne pouvons nous prononcer au sujet de *Rhynchonella lacunosa* (Schoth.) dont nous n'avons pas retrouvé le type.

Toutes ces espèces seront reprises au cours de notre étude, car il est souvent nécessaire de vérifier leur détermination et de modifier leurs désignations génériques. Comme nous avons retrouvé, dans nos gisements fossilifères, un certain nombre des espèces décrites par DE LORIOL, nous pourrons aussi parfois compléter ce qui a été dit à leur sujet. Quand au contraire, nous n'avons aucune observation nouvelle à faire au sujet d'autres espèces déjà signalées au Salève, nous ne les décrivons pas à nouveau et nous n'établissons pas leur synonymie afin de ne pas allonger notre étude; nous nous sommes alors contenté de préciser l'étage d'où elles proviennent.

Tous les types des espèces que nous décrivons, et qui proviennent de nos recherches, sont déposés au Muséum d'histoire naturelle de Genève où se trouvent déjà en grande majorité ceux de DE LORIOL. Quelques-uns de ces derniers, cependant, appartiennent à la collection Renevier du Musée de Lausanne.

ÉCHINODERMES

THIOLLIERICRINUS HEBERTI (de Lor.).

(Pl. 15, fig. 1 à 6)

Pour la synonymie de cette espèce, voir DE LORIOL, *Pal. française, terr. jurassiques,* vol. 11, part. 2, p. 545, pl. 228, fig. 1-11 et pl. 229, fig. 1. Il y a lieu d'ajouter :

1897. *Thiollericrinus heberti.* ROMAN, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc,* p. 331.
1905. *Thiollericrinus heberti.* REMES, *Nachträge zur Fauna von Stramberg; 6, Crinoidenreste,* p. 60, pl. 7, fig. 2 et 3.

Le *Thiollericrinus heberti* est assez abondant au Salève, mais comme dans les autres gisements qui l'ont fourni, ses calices et les articles de sa tige sont assez

fortement roulés. Nous n'avons rien à ajouter à ce que DE LORIOL a dit de cette espèce, si ce n'est que le nombre des articles de la tige devait être très petit. Nous avons recueilli au hasard les calices et les articles de la tige. Les premiers sont au nombre de 31, les seconds au nombre de 43. Dans la collection DE LORIOL nous avons constaté une proportion semblable.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* et *Valletia antiqua*, Portlandien inférieur, au haut des Etiollets, à Chavardon, au bas de la Grande Gorge, où il est assez abondant. Dans la brèche coralligène rouge du Kimeridgien inférieur, aux Etiollets où il est rare.

Nombre d'exemplaires : 74.

CIDARIS CARINIFERA Ag.

Voir DE LORIOL, *Descr. des foss. de l'Ool. cor.*, p. 43, pl. F, fig. 11 et DESOR et DE LORIOL, *Echinologie helvétique*, part. 1, *Echinides de la période jurassique*, p. 58, pl. 8, fig. 13, et p. 391, pl. 60, fig. 11-12.

Le type de DE LORIOL, pl. F, fig. 11, appartient à peu près certainement au Portlandien inférieur puisqu'il provient du bas de la Grande Gorge. Le type de la collection DE LUC, figuré par DESOR, a une gangue qui permet de le placer dans le Jurassique supérieur (Portlandien ou Kimeridgien supérieur).

Nous n'avons pas retrouvé cette espèce au cours de nos recherches.

CIDARIS (PLEGIOCIDARIS) GLANDIFERA Münst.

(Pl. 15, fig. 7.)

Pour la synonymie de cette espèce, voir COTTEAU, 1875-80, *Pal. française*, vol. 10, part. 1, *Echinides réguliers*, p. 191, puis, COTTEAU, 1884, *Les Echinides des couches de Stramberg*, p. 12 et ajouter :

1885. *Cidaris glandifera*. A. BEHM et LORIÉ, *Die Fauna des kelheimer Diceraskalkes*, Abth. 3, *Echinoideen*, p. 198.
1887. *Cidaris glandifera*. NŒTLING, *Der Jura am Hermon*, p. 45, pl. 6, fig. 11-12.
1890. — — DE LORIOL, *Descr. des Echinodermes jurassiques du Portugal*, I, p. 27, pl. 5, fig. 1-2.
1897. *Cidaris glandifera*. ROMAN, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 330, pl. 8, fig. 8 à 10.
1901. *Cidaris glandifera*. DE LORIOL, *Notes pour servir à l'étude des Echinodermes*, fasc. 9, p. 6, pl. 1, fig. 2-5.
1902. *Cidaris (Plegiocidaris) glandifera*. SAVIN, *Cat. raisonné des Echinides foss. de la Savoie*, p. 160.
1902. — *glandifera*. DE LORIOL, *Notes pour servir à l'étude des Echinodermes*, sér. 2, fasc. 1, p. 39.
1905. — *(Plegiocidaris) glandifera*. SAVIN, *Revision des Echinides fossiles du département de l'Isère*, p. 156.

Nous avons recueilli une radiole que nous ne pouvons rapporter qu'au *Cidaris glandifera ;* les granulations des côtes sont effacées et ne descendent pas aussi bas que d'ordinaire, ce qui est probablement dû à l'usure.

Gisement. Brèche coralligène rouge du Kimeridgien inférieur, aux Etiollets.

Pedina salevensis n. sp.

(Pl. 15, fig. 8, a, b. c.)

Diamètre du plus grand individu. . . . . 97mm.
Hauteur par rapport au diamètre. . . . . 0m,050.

Espèce de grande taille, à face inférieure presque plane et à face supérieure en dôme surbaissé. Zones porifères droites, superficielles, trisociées, échelonnées par triples paires obliques ne se multipliant pas à l'approche du péristome. Aires ambulacraires étroites, munies d'une double rangée de tubercules principaux d'assez petite taille, perforés, non crénelés, assez inégaux entre eux dans chaque rangée et alternativement forts et faibles, sauf à l'approche du péristome, où ils sont sensiblement égaux. Ces deux rangées occupent presque tout l'espace laissé entre les zones porifères, de sorte qu'il reste fort peu de place pour les tubercules secondaires et les granules qui sont peu nombreux. Aires interambulacraires trois et demi fois plus larges que les aires ambulacraires, munies de deux rangées de tubercules principaux sensiblement plus gros que ceux des ambulacres. Les tubercules secondaires sont nombreux, plus petits que les tubercules principaux; ceux qui sont situés entre les rangées de tubercules principaux et les ambulacres sont disposés sans ordre; parmi ceux qui sont situés entre les rangées de tubercules principaux, les plus grands sont disposés en rangées horizontales assez régulières, cela surtout dans la région marginale où l'on voit sur chaque plaque coronale une rangée horizontale de trois ou quatre tubercules secondaires. Les granules intermédiaires sont inégaux et se confondent avec les plus petits des tubercules secondaires.

Le test n'étant pas conservé sur la face apicale, le nombre des plaques coronales interambulacraires ne peut être donné. Toutefois, du péristome jusqu'à l'ambitus on en compte 12 ou 13. Les plaques ambulacraires sont beaucoup plus petites et plus nombreuses. Le péristome est petit, et atteint les deux dixièmes du diamètre, ses entailles sont assez peu pénétrantes. L'apex est inconnu.

Rapports et différences : Cette grande espèce est voisine de *Pedina charmassei* Cott. Elle en diffère par sa forme beaucoup moins élevée, puis surtout, par ses aires ambulacraires où les tubercules principaux sont plus gros et forment deux rangées contiguës qui ne laissent pas entre elles, comme dans l'espèce rauracienne, un large espace couvert de tubercules secondaires et de granules.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* et à *Valletia antiqua,* Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : deux ayant perdu leur test à la face apicale, et un fragment de test de la région voisine de l'apex d'un troisième.

PEDINA SUBLAEVIS Ag.

(Pl. 15, fig. 9, a, b, c.)

Pour la bibliographie, voir COTTEAU, *Pal. française, Terr. jurassiques,* vol. 10, part. 2, p. 646 et ajouter :

1884. *Pedina sublaevis.* COTTEAU, *Les Echinides des couches de Stramberg,* p. 35, pl. 5, fig. 15, 16.
1905. — — SAVIN, *Revision des Echinides foss. du dép. de l'Isère,* p. 113.
1907. — — VALETTE, *Revision des Echinides foss. de l'Yonne,* pp. 62 et 89.

Nous avons recueilli un bon échantillon de *Pedina sublaevis* Ag., qui diffère un peu des types décrits par COTTEAU dans la *Paléontologie française*, mais qui, par contre, se rapporte tout à fait à ceux du Tithonique supérieur de Stramberg étudiés par le même savant. Comme les échantillons de ce dernier endroit, notre individu se distingue parce qu'il est plus épais, plus renflé, ses tubercules, tant principaux que secondaires, sont plus volumineux que d'ordinaire sur la face inférieure, tandis que dans le voisinage de l'apex, ils sont plus faibles. Il semble donc que dans les couches tithoniques *Pedina sublaevis* prend une forme assez différente de celle des individus des couches plus anciennes. Il serait peut-être bon de créer une variété nouvelle, cependant les données actuelles sont encore trop peu nombreuses pour le faire.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* et à *Valletia antiqua,* Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

HEMICIDARIS STRAMONIUM Ag.

Pour la bibliographie, voir COTTEAU, *Pal. française,* vol. 10, part. 2, pp. 131, 858, 907.

Le Muséum de Genève possède un individu d'*Hemicidaris stramonium* déterminé par DE LORIOL. Nous ne pouvons faire mieux que de transcrire l'étiquette accompagnant ce fossile : « Cette espèce n'avait pas encore été rencontrée au Salève. L'exemplaire, quoique incomplet est bien reconnaissable. Les gros semi-tubercules sont alignés un peu plus régulièrement que d'habitude, mais ce caractère varie sur un même individu et j'ai vu, sur un exemplaire du Jura bernois, un alignement tout aussi régulier. »

Gisement. Ce fossile peut provenir, d'après sa gangue, soit du Portlandien inférieur, soit du Kimeridgien supérieur.

PSEUDOCIDARIS (?) SUBCRENULARIS Gauthier.

(Pl. 15, fig. 11, 12).

1873. *Pseudocidaris (?) subcrenularis.* GAUTHIER, dans: PERON et GAUTHIER, *Echinides fossiles de l'Algérie,* p. 24, pl. 20, fig. 34-37.
1880. *Pseudocidaris (?) subcrenularis.* COTTEAU, *Paléontologie française, Echinides réguliers,* vol. 11, part. 2, p. 30, pl. 269.

Nous possédons une radiole (pl. 15, fig. 12) incomplète qui se rapporte assez

exactement aux figures données par GAUTHIER. Sa longueur est de 17mm, sa largeur de 12mm; elle est extrêmement large à sa partie distale et s'amincit très rapidement dans la direction de la collerette, ce qui lui donne une forme conoïde. Elle est ornée de granules verruqueux disposés en séries parallèles à son axe, lesquels sont surtout développés sur l'une de ses faces. Un peu avant l'extrémité distale de la radiole, il existe une couronne circulaire de tubercules. L'intérieur de cette couronne est convexe et couvert de verrucosités. La partie proximale de la radiole est usée, néanmoins, il semble que le bord de la face articulaire et l'anneau sont crénelés. Le bouton est très peu développé.

Une seconde radiole représentée planche 15, figure 11, est un peu usée, et s'éloigne un peu plus du type. Ses dimensions sont: longueur 20mm, largeur 14mm. Elle a la même forme générale que la radiole précédente, elle est ornée, sur l'une de ses faces seulement, de côtes larges, mais peu accusées, vaguement tuberculées. La couronne de l'extrémité distale a été usée, et il en reste de vagues traces; l'espace qu'elle circonscrit est occupé par des côtes larges, basses, un peu onduleuses, rayonnant du centre. Cette seconde radiole ne répond pas tout à fait à la diagnose et aux figures de GAUTHIER, nous croyons cependant qu'elle appartient au *Pseudocidaris subcrenularis;* en tout cas nous ne connaissons aucune autre espèce à laquelle elle puisse être rapportée.

Gisement. Les deux radioles proviennent du Portlandien inférieur, couche à *Matheronia salevensis* et à *Valletia antiqua;* la première a été recueillie à Chavardon, la seconde au bas de la Grande Gorge.

DIPLOPODIA AROVIENSIS de Lor. (non. Thurm.).

DE LORIOL, dans ses *Notes pour servir à l'étude des Echinodermes,* 1905, sér. 2, fasc. 3, p. 27, décrit sous le nom de *Diplopodia aroviensis* un Echinoderme de la collection DE LUC portant comme indication de gisement: Pas de l'Echelle. Le sentier qui porte ce nom est taillé exclusivement dans les calcaires blancs coralligènes du Portlandien ou du Kimeridgien. La gangue de l'Echinoderme dont il est question est constituée au contraire par une marne grise donnant un très fort résidu d'argile, de grains de quartz et de glauconie. Comme il n'y a au Salève que l'Hauterivien inférieur qui soit constitué par de telles marnes, nous avons supposé que l'échantillon avait été recueilli par DE LUC non dans la roche en place, mais dans les éboulis provenant de l'Hauterivien du Grand Salève. Comme le test de cet échantillon est siliceux, c'était une raison de plus de penser qu'il appartenait à l'Hauterivien, seul terrain du Salève, avec le Calcaire roux, où les fossiles aient subi une silicification.

En effet, en revisant la détermination de DE LORIOL, nous avons constaté que l'Oursin en question n'est pas *Diplopodia aroviensis* (Thurm.), mais *Phymosoma peroni* (Cott.). Ces deux espèces, bien qu'appartenant à deux genres différents, ont il est vrai une assez grande analogie, et comme le caractère essentiel qui les sépare, la faible perforation des tubercules, peut disparaître facilement si le fossile est quelque peu usé, il était facile de faire cette confusion. L'arrangement des tubercules est le même dans les deux espèces, mais l'échantillon du Salève compte au moins 16 tubercules dans les rangées de plaques ambulacraires et au moins 14 dans les rangées interambulacraires. *Pseudodiadema aroviense* n'en compte jamais autant. Les dimensions du fossile du Salève sont bien celles du *Phymosoma peroni:* diamètre 47^{mm}, hauteur 20^{mm}, soit, par rapport au diamètre, 0,43. Le *Pseudodiadema aroviense* n'atteint pas une taille aussi grande et sa hauteur est toujours plus faible.

Il ressort des considérations précédentes que le *Diplopodia aroviensis* (Thurm.) doit être supprimé de la faune jurassique du Salève, par contre *Phymosoma peroni* (Cott.) est une espèce nouvelle pour la faune hauterivienne de cette montagne.

ACROPELTIS AEQUITUBERCULATA Ag.

Voir pour la bibliographie COTTEAU, *Paléontologie française.* 1883, *terr. jurassiques*, vol. 10, part. 2, p. 562, puis DE LORIOL, 1890-91, *Description de la faune jurassique du Portugal. Echinodermes*, p. 93, pl. 16, fig. 4, et ajouter :

1903. *Acropeltis æquituberculata.* SAVIN, *Catal. raisonné des Echinides fossiles du dép. de la Savoie*, p. 106.
1905. *Acropeltis æquituberculata.* SAVIN, *Révision des Echinides fossiles du dép. de l'Isère*, p. 96.
1907. *Acropeltis æquituberculata.* VALETTE, *Révision des Echinides fossiles de l'Yonne*, p. 156.

Nous avons recueilli un exemplaire d'*Acropeltis* incomplet, mais qu'on peut rapporter sûrement à l'*A. æquituberculata.* Son mode de fossilisation ne permet guère d'en donner une reproduction photographique nette, mais sa détermination ne paraît cependant pas douteuse.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* et à *Valletia antiqua*, Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

CODIOPSIS LORINI Cotteau.

(Pl. 15, fig. 10 a, b, c.)

Voir la bibliographie de l'espèce dans SAVIN, 1905, *Révision des Echinides fossiles du dép. de l'Isère*, p. 89, en faisant abstraction du *C. alpina* A. Gras. Ajouter :

1903. *Codiopsis lorini.* LAMBERT. *Note sur un Codiopsis nouveau de la Craie de Touraine.* Bull. Soc. géol. France. (4), vol. 3, p. 89.
1906. *Codiopsis lorini.* VALETTE, *Etude sur la formule porifère d'un certain nombre d'Echinides réguliers*, p. 20.

Nous possédons un exemplaire de *Codiopsis* qui a tous les caractères du *C. lorini* Cott. Il est assez bien conservé, mais a cependant perdu ses granules caducs. La seule différence qu'il nous ait été possible de découvrir en comparant l'exemplaire du Salève à des échantillons de l'Hauterivien de l'Yonne, réside dans le fait que ces derniers sont moins déprimés, ce qui ne saurait être suffisant pour créer une espèce.

Il est très curieux de constater, dans le Portlandien inférieur du Salève, la présence de cette espèce crétacée qui persiste jusque dans l'Aptien. Les *Codiopsis* jurassiques connus jusqu'à ce jour sont très rares et ne peuvent être confondus avec le *Codiopsis lorini*. Le *C. pilleti* Cott, du Tithonique supérieur, est de taille et de proportions toutes différentes; le *C. koheneggeri* de Lor., du même terrain, est plus élevé et possède une granulation moins fine et moins serrée.

Gisement. Nous avons recueilli cette espèce dans la couche à *Matheronia salevensis* et à *Valletia antiqua* du Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

Stomechinus perlatus (Desm.).

Un échantillon de cette espèce, provenant du Salève, a été étudié par de Loriol dans ses *Notes pour servir à l'étude des Echinodermes*, 1905, seconde série, fasc. 3, p. 28. Ce *Stomechinus*, étiqueté par de Luc « Pas de l'Echelle », possède une gangue formée d'un calcaire zoogène gris brun. Les roches qui forment la région où passe le sentier du Pas de l'Echelle sont exclusivement formées par les calcaires blancs zoogènes du Portlandien ou du Kimeridgien, tout différents de la gangue du *Stomechinus* recueilli par de Luc. Nous ne connaissons pas au Salève de roche analogue à celle qui constitue le fossile en question, de sorte que sa provenance est tout à fait incertaine.

Echinobrissus salevensis de Loriol.

Voir de Loriol, *Notes pour servir à l'étude des Echinodermes*, sér. 2, fasc. 3, p. 29 et pl. 2, fig. 4.

Nous n'avons rien à ajouter à ce qu'a dit de Loriol au sujet de cette espèce dont nous n'avons pas retrouvé de nouveaux exemplaires. La gangue de l'unique échantillon connu permet d'attribuer ce fossile soit au Portlandien inférieur, soit au Kimeridgien.

Pyrina icaunensis (Cott.).

(Pl. 15, fig. 13, 14 et pl. 16, fig. 1, 2.)

Pour la bibliographie, voir Cotteau, 1867-74, *Paléontologie française, Terrains jurassiques, Echinides irréguliers*, vol. 9, p. 396 et ajouter :

1884. *Pyrina icaunensis.* Cotteau, *Echinides des couches de Strambery*, p. 9, pl. 11, fig. 1-6.
1888. » » de Loriol, *Etudes sur les Mollusques des couches coralligènes de Valfin*, p. 355.
1891. » » de Loriol, *Descr. de la faune jurassique du Portugal, Echinodermes*, p. 117, pl. 24, fig. 1.
1907. *Pyrina icaunensis.* Valette, *Révision des Echinides fossiles de l'Yonne*, p. 66.

Cette espèce est assez abondante au Salève et présente nettement les caractères typiques. On y observe toutefois quelques variations; certains individus sont plus allongés, d'autres plus larges que le type, d'autres prennent une forme subpentagonale (pl. 16, fig. 1). Certains grands individus qui atteignent 4cm de long ont la face inférieure plus pulvinée, leurs sillons ambulacraires sont plus enfoncés.

de Loriol cite déjà cette espèce au Salève (*Descr. des fossiles de l'Ool. corallienne*, p. 42, pl. F, fig. 14). Le seul exemplaire que ce savant a eu à sa disposition provient des carrières de Monnetier, c'est-à-dire de l'Infravalanginien à *Heterodiceras luci.* Comme cet Echinide est dépourvu de son test, il n'est pas très sûr qu'il soit bien identique à *P. icaunensis*, son âge étant plus récent. C'est pourquoi il nous a paru bon de figurer des exemplaires jurassiques.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* et à *Valletia antiqua*, Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 28.

Pseudodesorella orbignyana (Cott.)

(Pl. 16, fig. 3, 4.)

Pour la bibliographie, nous renvoyons à Cotteau, *1884, Echinides des couches de Stramberg*, p. 5. Ajouter :

1888. *Pseudodesorella orbignyana.* de Loriol, *Etudes sur les Mollusques des couches coralligènes de Valfin*, p. 355.
1907. *Pseudodesorella orbignyana.* Valette, *Révision des Echinides fossiles de l'Yonne*, p. 67.

Nous ne reviendrons pas sur la description de cette espèce bien connue, et parfaitement étudiée par Cotteau. Les exemplaires du Salève ne diffèrent pas sensiblement de ceux trouvés en d'autres endroits. Leur forme varie un peu, le rapport entre la largeur et la longueur est un peu variable, le bord antérieur peut être légèrement convexe (pl. 16, fig. 4), ou présente, au milieu, un faible infléchissement (pl. 16, fig. 3).

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* et à *Valletia antiqua*, Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 7.

BRACHIOPODES

Rhynchonella astieriana d'Orb.

Voir de Loriol, *Description des fossiles de l'Ool. corallienne*, p. 38, pl. F, fig. 1 à 2.

Les exemplaires figurés par de Loriol ne sont pas typiques ; ce sont probablement de jeunes individus qui pourraient tout aussi bien être rapportés à *R. pinguis* Roem. Les grands échantillons, parfaitement caractéristiques, à commissure frontale asymétrique, sont assez abondants au Salève. Nous les possédons de la couche à *Matheronia salevensis*, Portlandien inférieur, du bas de la Grande Gorge, de Chavardon, du haut des Etiollets, des rochers de la Balme au-dessus de Pomier. Ils se trouvent aussi dans le massif coralligène du Kimeridgien au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 32.

Rhynchonella lacunosa? (Schloth.).

Voir de Loriol, *description des fossiles de l'Ool. corallienne*, p. 40, pl. F, fig. 6.

N'ayant pas retrouvé le type, nous ne pouvons préciser de quel étage il provient, les indications de gisement données par de Loriol étant très vagues. Nous avons en outre quelques doutes au sujet de la détermination de cette espèce.

Zeilleria lugubris (Suess)

(Pl. 16, fig. 5, 6.)

1859. *Waldheimia lugubris.* Suess, *Die Brachiopoden der stramberger Schichten*, p. 40 (26), pl. 4, fig. 11-12.
1871. » » G. Gemmellaro, *Studj pal. calc. Terebr. Janitor*, part. 3, p. 22.
1897. *Zeilleria magadiformis.* Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 324, pl. 7, fig. 7.

L'exemplaire que nous figurons pl. 16, fig. 5, *a*, *b*, *c*, est tout à fait typique et ne diffère en aucune façon des dessins de Suess. L'individu représenté fig. 6, *a*, *b*, *c*, est très adulte, par conséquent très épais, la valve inférieure possède une assez forte dépression en son milieu, déterminant un bord frontal excavé.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis*, Portlandien inférieur, aux rochers de la Balme au-dessus de Pomier, et au bas de la Grande Gorge.

Nombre d'exemplaires : 3.

ZEILLERIA MAGASIFORMIS (Zeuschn.).

(Pl. 16, fig. 7, 15, 16.)

1856. *Terebratula magasiformis.* ZEJSNER, *Geologia do Eattwego projecia zastósowana,* p. 233.
1856. *Terebratula czapskiana.* ZEJSNER, *id.,* p. 233.
1857. *Terebratula magasiformis.* ZEUSCHNER, *Pal. Beitr. zur Kenntniss des weissen Jurakalkes von Inwald,* p. 16, pl. 4, fig. 1 *e* à 4 *e.*
1857. *Terebratula czapskiana.* ZEUSCHNER, *id.,* p. 17, pl. 4, fig. 1 *f.* à 4 *f.*
1859. *Waldheimia magadiformis.* SUESS, *Die Brachiopoden der stramberger Schichten,* p. 40 (26), pl. 4, fig. 13-17.
1863. *Terebratula magadiformis.* OOSTER, *Pétrifications remarquables des Alpes suisses, Brachiopodes,* p. 31, pl. 11, fig. 11 à 14.
1869. *Waldheimia magadiformis.* G. GEMMELLARO, *Studj pal. calc. Terebr. Janitor,* part. 3, p. 21, pl. 4, fig. 5-6.
1885. *Zeilleria magadiformis.* H. DOUVILLÉ, *Sur quelques Brachiopodes du terrain jurassique,* p. 96, pl. 4, fig. 13.
1897. *Zeilleria lugubris.* ROMAN, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc,* p. 324, pl. 8, fig. 4.

Nous figurons pl. 16, fig. 7 *a, b, c,* une *Zeilleria* différant un peu de la forme typique de *Z. magasiformis;* elle est un peu plus allongée que les individus figurés par ZEUSCHNER et SUESS dont elle possède tous les autres caractères et particulièrement la petite valve aplatie. La figure 15, *a, b, c,* par contre, représente un petit exemplaire parfaitement identique à ceux dessinés par SUESS, fig. 13 et 15. Un troisième individu (fig. 16 *a, b*), moins allongé que le premier, se rapproche davantage de la forme typique, mais sa valve supérieure légèrement bombée rappelle un peu *Zeilleria lugubris* Suess.

Gisement. Portlandien inférieur de Chavardon, du bas de la Grande Gorge et du Pas de l'Echelle.

Nombre d'exemplaires : 3.

ZEILLERIA HUMERALIS (Roem.).

(Pl. 16, fig. 8 et 9.)

Pour la bibliographie de l'espèce, nous renvoyons à l'ouvrage de H. DOUVILLÉ, *Sur quelques Brachiopodes du terrain jurassique,* p. 93. Ajouter :

1905. *Waldheimia humeralis.* DACQUÉ, *Beiträge zur Geol. Somalilandes,* 2er Teil, *Oberer Jura,* p. 130.

Nous n'avons rien à ajouter pour ce qui concerne cette espèce assez variable. Elle existe au Salève dans le Portlandien inférieur *(couche à Matheronia salevensis)* du bas de la Grande Gorge. Elle se retrouve plus abondante, mais en mauvais état de conservation à la base du Kimeridgien, aux Etiollets près du Coin.

Megerlea pectunculoides (Schloth.).

(Pl. 16, fig. 10 et 11.)

Pour la bibliographie de l'espèce, nous renvoyons à l'ouvrage de Schlosser, *Die Brachiopoden des kelheimer Diceras-Kalkes*, p. 206 (132). Ajouter :

1893. *Terebratella pectunculoides.* Ed. Greppin, *Etude sur les Mollusques des couches coralligènes des environs d'Oberbuchsitten*, p. 97, pl. 7, fig. 15, 17, 18.
1910. *Megerlea pectunculoides.* Simionescu, *Studii geologice si paleontologice din Dobrogea. 2, Lamelibranchiatele*, p. 64, pl. 7, fig. 12 et 19.

Cette espèce, bien étudiée, est rare au Salève; nous n'en connaissons que deux exemplaires, bien caractérisés, il est vrai, et provenant de la couche à *Matheronia salevensis*, Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

Megerlea petersi Hohenegger.

(Pl. 16, fig. 12.)

1858. *Megerlea petersi.* Suess, *Die Brachiopoden der stramberger Schichten*, p. 48, pl. 5, fig. 10-13.
1897. *Megerlea petersi.* Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 327, pl. 8, fig. 6.

Cette espèce est très rare au Salève; nous n'en connaissons qu'un exemplaire faisant partie des collections du Muséum d'histoire naturelle de Genève. Il est de petite taille, mais correspond parfaitement à la diagnose de Suess et à la figure 11 que donne cet auteur. Ce fossile possède 10 côtes à la petite valve et 11 à la grande; on ne voit pas les côtes secondaires dont parle Suess, cela tient à la petite taille de notre échantillon. Du reste, comme le montrent les figures données par ce paléontologiste, le caractère des côtes adventives n'est pas constant.

Gisement. Au-dessus du Coin; indication assez vague, mais il est presque certain que cette espèce provient du Portlandien inférieur (Couche à *Matheronia salevensis*), le gisement le plus riche de cet étage se trouvant au-dessus des éboulis du Coin.

Megerlea aff loryi Pict.

(Pl. 16, fig. 13.)

1868. *Megerlea loryi.* Pictet, *Etude provisoire des fossiles de la Porte-de-France, d'Aizy et de Lémenc*, p. 271, pl. 41, fig. 12.

Nous avons sous les yeux une *Megerlea* aussi large que longue, à contour subpentagonal, à crochet assez développé et à la ligne cardinale courbe. Elle est munie de 5 côtes principales à la petite valve et de 6 à la grande, les deux externes

étant très faibles. Le pli médian de la petite valve, comme aussi la dépression médiane de la grande, sont pourvus chacun de 2 petites côtes adventives. On voit encore une côte adventive sur chacun des plis adjacents au pli médian et dans les sillons qui leur correspondent à la petite valve. Les stries d'accroissement sont fortement marquées.

Cette *Megerlea* correspond assez bien à la figure que donne PICTET pour sa *M. lorgi*. La différence la plus grande réside dans le fait que le pli médian est moins fortement marqué dans l'échantillon de Lémenc.

Gisement. M. GYSIN, qui nous a communiqué cette espèce, l'a trouvée non loin de la grotte du Seillon sous l'Evorse, dans le Portlandien inférieur, grosse oolite.

TEREBRATULA MORAVICA Glocker.

Voir DE LORIOL, *Description des fossiles de l'Ool. corallienne*, p. 34.

Nous n'avons que peu de chose à ajouter à ce que DE LORIOL a dit de cette espèce. *Terebratula moravica* est assez commune dans la couche à *Matheronia salevensis* (Portlandien inférieur); nous la connaissons du bas de la Grande Gorge, du haut des Etiollets, de Chavardon, du Pas de l'Echelle, des rochers de la Balme au-dessus de Pomier.

Nombre d'exemplaires : 25.

TEREBRATULA FORMOSA Suess.

Voir DE LORIOL, *Description des fossiles de l'Ool. corallienne*, p. 36.

Assez commune dans la couche à *Matheronia salevensis* (Portlandien inférieur). Nous l'avons recueillie au pied de la Petite Gorge, au bas de la Grande Gorge, au-dessous de la Varappe, entre le Saut Gonet et la gorge de la Mule, à Chavardon, au haut des Etiollets, aux rochers de la Balme au-dessus de Pomier. Trois exemplaires du Musée de Genève proviennent du Pas de l'Echelle.

Nombre d'exemplaires : 16.

TEREBRATULA INSIGNIS Schübl.

Voir DE LORIOL, *Description des fossiles de l'Ool. corallienne*, p. 37.

Cette espèce se trouve dans la couche à *Matheronia salevensis* (Portlandien inférieur) au bas de la Grande Gorge, à Chavardon, aux rochers de la Balme au-dessus de Pomier.

Nombre d'exemplaires : 8.

Terebratula bieskidensis Zeuschn.

Voir de Loriol, *Description des fossiles de l'Ool. corallienne*, p. 35, pl. E, fig. 17.

Il existe au Muséum de Genève trois échantillons étiquetés par de Loriol *Terebratula bieskidensis* et parmi eux le type figuré. Il ne nous semble pas que ces trois exemplaires appartiennent à cette espèce; nous les considérons comme des *Zeilleria* appartenant à la forme de *Z. humeralis* que nous donnons pl. 16, fig. 8-9. Ces fossiles proviennent du bas de la Grande Gorge, c'est-à-dire du Portlandien inférieur très probablement, ou peut-être aussi du Kimeridgien supérieur.

Terebratulina substriata (Schoth.).

(Pl. 16, fig. 14.)

Pour la bibliographie nous renvoyons aux ouvrages de de Loriol, 1878, *Monographie paléontologique des couches de la zone à Ammonites tenuilobatus de Baden*, p. 181 et Schlosser, *Die Brachiopoden des kelheimer Diceras-Kalkes*, p. 205. Il y a lieu d'ajouter :

1893. *Terebratulina substriata.* Ed. Greppin, *Etudes sur les Mollusques des couches coralligènes d'Oberbuchsitten*, p. 96, pl. 7, fig. 13, 14, 16, 19, 20.
1899. *Terebratulina substriata.* Remes, *Beitr. zur Kennt. der Brachiopoden des stramberger Tithon*, p. 227.
1905. *Terebratulina substriata.* Krumbeck, *Die Brachiopoden u. Molluskenfauna des Glandarienkalks*, p. 88 [24], pl. 9 [2], fig. 12-14.
1910. *Terebratulina substriata.* Simionescu, *Studii geologice si paleontologice din Dobrogea, 2, Lamelibranchiatele*, etc, p. 62, pl. 3, fig. 9-11, pl. 7, fig. 15.

Il existe quelque incertitude au sujet de cette espèce qui a été comprise différemment par les auteurs. De Loriol *(loc. cit.)* voit dans la *T. substriata* des auteurs deux espèces, l'une à côtes fines à laquelle il propose de conserver le nom de *T. substriata*, et l'autre à côtes fortes et écartées qui doit recevoir un nom nouveau. C'est à cette dernière forme qu'appartiennent les deux petits exemplaires du Salève.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*) des rochers de la Balme au-dessus de Pomier et Grand Salève au-dessus du Coin.

MOLLUSQUES LAMELLIBRANCHES

Alectryonia hastellata (Schloth.).

(Pl. 17, fig. 1-2.)

Pour la synonymie embrouillée de cette espèce et pour sa discussion, nous renvoyons aux ouvrages suivants :

1881. de Loriol, *Monographie paléontologique des couches à Ammonites tenuilobatus d'Oberbuchsitten*, p. 97.

1892. DE LORIOL, *Etudes sur les Mollusques des couches coralligènes inférieures du Jura bernois*, p. 346.
1905. KRUMBECK, *Die Brachiopoden- und Molluskenfauna des Glandarienkalkes*, p. 107 [43].
1905. PERON, *Etudes paléontologiques sur les terrains du département de l'Yonne. Les Pélécypodes rauraciens et séquaniens*, p. 215.
Ajouter :
1903. *Ostrea (Alectryonia) cfr. hastellata*. REMES, *Nachträge zur Fauna der stramberger Schichten*, 4, *Ueber Bivalven der stramberger Schichten*, p. 218.
1910. *Ostrea (Alectryonia) hastellata*. SIMIONESCU, *Studii geologice si paleontogice din Dobrogea*, 2, *Lamelibranchiatele*, p. 5, pl. 1, fig. 7.

Cette espèce, très variable, qui a persisté si longtemps, existe bien caractérisée au Salève, quoique peu abondante.

Gisement. Portlandien inférieur et Kimeridgien supérieur, au haut des Etiollets et au Pas de l'Echelle.

Nombre d'exemplaires : 9, dont 4 au Musée d'histoire naturelle (Coll. ROCHAT) et 2 à M. GYSIN, étudiant.

PECTEN aff. NEBRODENSIS G. Gemm et Di Blasi.

(Pl. 17, fig. 7.)

1871. *Pecten nebrodensis*. G. GEMMELLARO, *Studj. pal. calc. Terebr. Janitor*, 3me partie, p. 62, pl. 9, fig. 1-3.
1874. *Pecten nebrodensis*. G. GEMMELLARO et DI BLASI, *Pettini del Titonio inferiore*, p. 3, pl. 1, fig. 1-3.
1881. *Pecten brancoi*. G. BOEHM, *Bivalven von Kelheim*, Zeitschr. deutsch. Geol Gesellschaft, p. 72.
1881. *Pecten aff. nebrodensis*. G. BOEHM, *Die Fauna des kelheimer Diceras-Kalkes*, Abt. 2, *Bivalven*, p. 184, pl. 40 [24], fig. 6.
1883. *Pecten aff. nebrodensis*. G. BOEHM, *Die Bivalven der stramberger Schichten*, p. 608, pl. 67, fig. 30.
1897. *Pecten nebrodensis*. ROMAN, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 313, pl. 5, fig. 8.
1903. *Pecten aff. nebrodensis*. REMES, *Nachträge zur Fauna von Stramberg ;* 4, *Ueber die Bivalven der stramberger Schichten*, p. 201 [17], pl. 19 [2], fig. 4.
1901. *Pecten aff. nebrodensis*. SIMIONESCU, *Studii geologice si paleontologice din Dobrogea*. 2, *Lamelibranchiatele*, p. 16, pl. 2, fig. 5.

Les échantillons du Salève se rapportent assez exactement à la description de G. GEMMELLARO et DI BLASI, mais comme nos individus sont de grande taille, on voit, à partir d'une certaine grandeur, le nombre de côtes augmenter sur les plis (jusqu'à 5). La différence essentielle que nous trouvons avec les exemplaires de Sicile est que, dans les sillons, il se trouve plus de 2 côtes, jusqu'à 6, très fines dans le voisinage du sommet, mais égalant presque celles des plis dans le voisinage du bord palléal. Les stries concentriques sont assez visibles et assez régulières.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : Deux, dont l'un au Muséum d'Histoire naturelle de Genève (Coll. A. FAVRE).

Pecten (Spondylopecten) globosus Quenst. emend. Philippi.

(Pl. 17, fig. 3-6.)

1852. *Pecten globosus.* Quenstedt, *Handbuch d. Petref.*, éd. 1. pl. 40, fig. 45 (non fig. 46), p. 507.
1858. — — Quenstedt, *Der Jura*, pl. 78, fig. 2, p. 627.
1866. — — de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. cor.*, p. 30. pl. E. fig. 4.
1867. — — Quenstedt, *Handbuch d. Petref.*, éd. 2, pl. 51, fig. 45 (non 46), p. 605.
1869. — — Ooster, *Le Corallien de Wimmis*, p. 39, pl. 22, fig. 9.
1871. — *arotoplicus.* G. Gemmellaro, *Studj. pal. calc. Terebr. Janitor*, part. 3, p. 62, pl. 10, fig. 6-10.
1874. — — G. Gemmellaro et Di Blasi, *Pettini del Titonio inf.*, p. 10, pl. 2, fig. 6-10.
1883. — — G. Bœhm, *Die Bivalven der stramberger Schichten*, p. 609 et 645, pl. 67, fig. 34-35.
1885. — *globosus.* Quenstedt, *Handbuch d. Petref.*, éd., 3, pp. 772, pl. 59, fig. 35.
1895. — cfr. *arotoplicus.* Neumayr und Uhlig, *Jura fossilien des Kaukasus*, p. 26.
1897. — *globosus.* Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 316, pl. 5, fig. 12.
1898 — *(Spondylopecten) globosus.* Philippi, Zeitschr. deutsch. geol. Gesell. B^d 50, p. 620 et 621, fig. 6-7.
1899. *Pecten arotoplicus.* Nelli, *I fossili titonici del monte Judica*, p. 55, pl. 2 (1), fig. 14-15.
1903. — — Remes, *Nachträge zur Fauna von Stramberg; 4, Ueber Bivalven der stramberger Schichten*, p. 202 [18]
1903. *Pecten rochati.* Remes, *idem*, p. 202 [18], pl. 19 [2], fig. 5 *a*, *c*.
1903. — *(Spondylopecten) globosus.* Remes, *idem*, p. 205 [18].

Coquille de taille moyenne, triangulaire-circulaire, très renflée dans le jeune âge, puis, plus tard, à flancs beaucoup moins bombés, équivalve, équilatérale, ornée d'un nombre de côtes variant entre 34 et 39, 34 et 35 étant les nombres normaux. Ces côtes sont lisses, car toujours la couche externe du test fait défaut, elles sont séparées par des sillons aussi larges ou un peu plus larges qu'elles, dont le fond est arrondi. Dans la partie supérieure des valves, de chaque côté du crochet, il existe une région excavée, sans côtes, mais à fines stries d'accroissement, plus longue du côté anal, mais plus profonde du côté antérieur. Les oreillettes sont inégales. Les buccales sont beaucoup plus grandes que les anales, elles montrent quelques côtes rayonnantes partant du crochet; la droite présente une forte échancrure byssale; la gauche que nous connaissons imparfaitement, si elle n'est pas entière, est en tout cas moins échancrée que la gauche, elle montre sur son bord cardinal une très fine denticulation qui n'est visible que sur de très bons échantillons. Les oreillettes anales sont petites, obtuses. Il existe un area ligamentaire très distinct, bien qu'assez étroit; il est limité à sa partie inférieure par une rangée de petits tubercules ovales. Il ne nous a pas été possible de nous rendre compte s'il existait des dents de part et d'autre de la fossette ligamentaire.

Ainsi que G. Bœhm l'a démontré (*Die Bivalven der stramberger Schichten*, p. 645), Quenstedt avait compris deux espèces sous le nom de *Pecten globosus*. L'une, la plus globuleuse, à côtes plus nombreuses, a été appelée *P. (Spondylopecten) G. Bœhmi* par Philippi et l'autre est, pour G. Bœhm, tout à fait identique pour la

forme extérieure à *P. arotoplicus* G. Gemm. et Di Blasi. Il est très probable qu'il y a de même identité pour les caractères internes de ces deux espèces, mais jusqu'à présent, la charnière et l'aire ligamentaire n'ont pas encore été observées chez les exemplaires de Sicile. Or, le *Pecten globosus* du Salève, qui ne diffère pas de celui de Nattheim et qui ne présente avec le *P. arotoplicus* G. Gemm de Sicile que des différences extrêmement minimes, possède aussi une aire ligamentaire nette qui se trouvera de même selon toute probabilité chez l'espèce sicilienne. Les différences que nous constatons entre les individus du Salève et la description et les figures données par le paléontologiste italien, proviennent en général du fait que nos échantillons ne possèdent pas la partie externe du test. L'absence des faibles canaliculations sur les côtes et des fines stries des dépressions concaves latérales, n'est due qu'à une incomplète conservation des fossiles. Les côtes des individus du Salève sont en un peu plus grand nombre que ne l'indiquent GEMMELLARO et DI BLASI, mais d'autre part, les figures qu'ils donnent en montrent un nombre égal à celui de nos échantillons. Dans ces conditions, il nous semble bien qu'on puisse, comme le supposait BŒHM, réunir les espèces de QUENSTEDT et de GEMMELLARO.

Les *Pecten* décrits et figurés par REMES *(loc. cit.)*, pl. 19 [2], fig. 5 *a*, *c*, p. 202, sous le nom de *P. rochati* ne peuvent appartenir à cette espèce dont le caractère est de posséder des côtes irrégulièrement plissées et barbelées, ainsi que le montre notre fig. 4, pl. 34. Le caractère du nombre de côtes, invoqué par ce paléontologiste est insuffisant, car il est très variable. Pour nous, le *Pecten* en question n'est autre chose que le *Spondylopecten globosus* Quenst. emend. Philippi.

Gisement. Cette espèce est abondante au Salève, soit dans le Portlandien inférieur, soit dans le Kimeridgien supérieur, au haut des Etiollets, au Pas de l'Echelle, au bas de la Grande Gorge.

Nombre d'exemplaires : 45.

PECTEN SUBSPINOSUS (Schloth.).

Voir DE LORIOL, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 28.

Le gisement et la gangue de cette espèce indiquent qu'elle peut provenir soit du Portlandien inférieur, soit, mais moins certainement, du Kimeridgien supérieur.

SPONDYLUS PICTETIANUS (de Lor.).

(Pl. 17, fig. 17-18.)

1866. *Placunopsis pictetianus*. DE LORIOL, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 32, pl. E, fig. 10-11.
1883. *Spondylus tithonius*. G. BŒHM, *Die Bivalven der stramberger Schichten*, p. 646, pl. 70, fig. 6-8.
1883. *Hinnites ?* G. BŒHM, *idem*, p. 620, pl. 68, fig. 12-14.

1903. *Spondylus tithonius.* Remes, *Nachträge zur Fauna von Stramberg;* 4, *Ueber die Bivalven der stramberger Schichten*, p. 212 [28], pl. 20 [2], fig. 5 *a, c.*

Les exemplaires figurés par G. Bœhm et Remes sous le nom de *Spondylus tithonius* ne diffèrent en aucune façon du *Spondylus pictetianus* (de Lor.), et doivent lui être réunis. Pour appuyer notre manière de voir, nous donnons une figure de deux individus que nous avons recueillis.

Les types de de Loriol proviennent du bas de la Grande Gorge, ils appartiennent donc à peu près sûrement au Portlandien inférieur. Nos exemplaires, au nombre de 5, ont été trouvés au haut des Etiollets, dans la couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur.

Lima (Plagiostoma) thisbe de Lor.

(Pl. 17, fig. 9-10.)

1888. *Lima thisbe.* de Loriol, *Etudes sur les Moll. des couches corall. de Valfin*, p. 322, pl. 36, fig. 1-4.
1893. — — Ed Greppin, *Etude sur les Moll. des couches corall. d'Oberbuchsitten*, p. 75, pl. 5, fig. 9.

Nous rapportons à cette espèce deux individus dont la forme générale correspond tout à fait aux figures données par de Loriol. Ils ont en grande partie perdu la partie extérieure de leur test, mais là où elle est conservée on observe les fines côtes rayonnantes caractéristiques de l'espèce.

Gisement : Haut des Etiollets, dans la couche à *Matheronia salevensis,* Portlandien inférieur.

Lima (Plagiostoma) erctensis G. Gemm.

(Pl. 17, fig. 8.)

1871. *Lima baylei.* G. Gemmellaro, *Studj. pal. calc. Terebr. Janitor,* part. 3, p. 55, pl. 8, fig. 7.
1871. — *erctensis.* G. Gemmellaro, *id.*, p. 92.

Nous possédons 4 individus dont les caractères répondent à la description de Gemmellaro. Leurs stries rayonnantes ne sont développées que dans les régions anales et buccales, leur forme générale est la même que chez les types, toutefois ils n'atteignent pas une taille aussi considérable qu'en Sicile.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis,* Portlandien inférieur; au haut des Etiollets et à Chavardon.

Lima (Limatula) salevensis de Lor.

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne,* p. 28, pl. D, fig. 10-11.

La provenance des deux seuls individus connus, comme aussi l'examen de

leur gangue, permettent de rapporter cette espèce au Portlandien inférieur ou, mais cela est beaucoup moins probable, au Kimeridgien supérieur.

Mytilus subornatus Et.

(Pl. 17, fig. 11-14.)

1859. *Mytilus subornatus.* Etallon, *Etudes pal. sur le Haut-Jura; Corallien,* 2, p. 111.
1883. *Mytilus moravicus.* G. Bœhm, *Die Bivalven der stramberger Schichten,* p. 589, pl. 65, fig. 25-27.
1888. *Mytilus subornatus.* de Loriol, *Etudes sur les Moll. des couches corall. de Valfin,* p. 305, pl. 34, fig. 6-8.

Une dizaine de *Mytilus* du Salève correspondent bien à la diagnose d'Etallon et surtout à celle de de Loriol. Nous n'avons qu'une chose à ajouter, c'est que la variabilité est plus grande au Salève, ainsi que le montrent les figures que nous donnons des formes extrêmes.

Nous pensons qu'il faut rattacher *M. moravicus* G. Bœhm à *M. subornatus;* il ne nous a pas été possible de trouver une différence sensible entre ces deux espèces.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis,* Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 10.

Pachymytilus obtusus n. sp.

(Pl. 17, fig. 15-16 et pl. 18, fig. 1-3.)

Longueur du plus grand individu	165mm.
Hauteur » » »	118mm.
Epaisseur » » »	9mm.

Coquille de grande taille, triangulaire, équivalve, assez inéquilatérale. Crochets peu développés, recourbés. Région antérieure tronquée, délimitée par une carène partant des crochets et aboutissant à l'extrémité antérieure de la coquille. Cette aire antérieure, elliptique (pl. 18, fig. 2), est plus ou moins concave. Dans son intérieur, sous les crochets, on y observe une profonde dépression byssale, ovale, qui présente, sur chaque valve, un sillon courbe partant de son fond et aboutissant aux crochets. La coquille est un peu échancrée à chaque valve, dans le fond de cette dépression, pour laisser passer le byssus. Le bord cardinal est droit, plus court que les bords antérieur et inférieur; il se relie à ce dernier par un bord postérieur arrondi. Le plan de la face antérieure tronquée forme toujours un angle obtus avec la ligne cardinale. L'épaisseur de ce Mollusque atteint son maximum dans le voisinage des extrémités du petit diamètre de cette aire antérieure elliptique;

elle décroit graduellement jusqu'à l'extrémité postérieure, en déterminant des flancs légèrement convexes. Toute la surface du test est couverte de côtes rayonnantes fines et serrées, comme chez *P. petasus* (d'Orb.). Il existe en outre des stries d'accroissement nombreuses, irrégulières. Nous avons pu préparer deux charnières; l'une, droite (pl. 18, fig. 1), montre une saillie antérieure qui est peut-être une dent cardinale, suivie d'une très faible dépression; l'autre, gauche (pl. 17, fig. 16), ne présente point de dents, ce qui est peut-être attribuable à l'usure. Le sillon ligamentaire est large, pas très profond, rectiligne, une nymphe ligamentaire peu saillante le borde.

Nous avons recueilli un moule interne de cette espèce. La face antérieure tronquée, loin d'être plane ou concave comme chez la coquille, montre au contraire, en son milieu, une forte convexité qui se voit fort bien dans la figure 3 *a*, pl. 18; elle prouve donc que le test est extrêmement épaissi sous les carènes antérieures. Entre cette convexité et les crochets, se trouve une dépression ovale très accusée correspondant à la dépression byssale de la coquille (fig. 3 *b*, pl. 18). La partie postérieure du moule est brusquement amincie par suite d'un épaississement considérable du test. Grâce à cette disposition, les crochets sont assez accusés sur le moule.

Pachymytilus obtusus est voisine de *P. triqueter* (Buv.) = *P. petasus* (d'Orb.), et bien que cette dernière espèce soit extrêmement variable, nous ne pensons pas qu'on puisse encore lui rattacher l'espèce du Salève. *Pachymytilus obtusus*, en effet, se distingue entre autres par sa taille beaucoup plus considérable, par son diamètre antéro-postérieur beaucoup plus grand par rapport à la hauteur que chez *P. triqueter;* l'angle formé par le plan de la face antérieure tronquée et le bord cardinal est toujours très obtus dans l'espèce du Salève, presque toujours aigu et rarement droit dans l'espèce rauracienne.

Les fossiles incomplets et roulés, figurés par Ooster, *Corallien de Wimmis*, pl. 20, fig. 1-3 (non 4-6) sous le nom de *Trichites mytiliformis*, appartiennent à une espèce de *Pachymytilus* voisine de la nôtre; ils sont du reste trop incomplets pour être déterminés exactement.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, au haut des Etiollets et à Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 7.

Arca (Barbatia) gracilicostata n. sp.

(Pl. 18, fig. 4-6.)

Longueur du plus grand individu connu	40mm.
Hauteur par rapport à la longueur	0,63 à 0,65
Epaisseur » »	0,51 à 0,56

Coquille allongée, ovale, très inéquilatérale. Région postérieure et région antérieure arrondie. Bord inférieur droit ou présentant une légère inflexion vers le milieu de sa longueur. Le bord cardinal est légèrement arqué, se raccordant par des courbes aux bords voisins. Les crochets sont larges, peu saillants, très peu contournés. Les flancs sont pourvus d'un méplat ou d'une large dépression très peu profonde partant des crochets et aboutissant au milieu du bord inférieur.

Toute la surface est ornée de petites côtes rayonnantes extrêmement fines, égales, coupées par des stries concentriques aussi fines, déterminant ainsi un treillissage très régulier et très ténu. Près du bord inférieur, les côtes rayonnantes sont encore divisées longitudinalement en 2 parties par une très fine strie. On observe enfin, de distance en distance, des stries d'accroissement assez irrégulières.

La charnière est formée de dents s'accroissant de part et d'autre du centre du plateau cardinal et devenant obliques à ses extrémités. Les 5 à 6 dernières dents postérieures sont épaisses, les 5 antérieures sont au contraire étroites. L'aire ligamentaire est très étroite, linéaire.

Rapports et différences. Arca gracilicostata a une forme identique à *A. censoriensis* Cott., mais son ornementation radiale est beaucoup plus fine; elle possède en outre une ornementation concentrique qui manque chez la seconde espèce. *A. subteres* de Lor, au contraire, montre une ornementation identique à celle de notre espèce, mais son épaisseur est plus faible, ses crochets sont moins larges, moins saillants et moins obtus. Les autres espèces qui possèdent quelque analogie avec la nôtre sont: *A. uhligi* G. Bœhm, mais sa longueur est plus grande, ses côtes radiales sont fortes et elle n'a pas de côtes concentriques; *A. terebrans* Buv., *A. texana* Quenst. montrent des côtes radiales beaucoup plus grossières.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires: 12.

Isoarca cfr. eminens Quenst.

(Pl. 19, fi. 1-6.)

Pour la bibliographie de l'espèce, voir de Loriol, *Etudes sur les Moll. des couches corall. de Valfin* p. 297.

Longueur du plus grand individu	56mm
Hauteur par rapport à la longueur	0,57 à 0,67
Epaisseur » » » »	0,64 à 0,80

Coquille allongée, renflée, très inéquilatérale. Les crochets atteignent ou surplombent un peu le bord antérieur qui est arrondi chez certains individus, subanguleux chez d'autres au point de jonction avec le bord cardinal. Bord postérieur

arrondi, bord inférieur légèrement convexe et présentant parfois une très légère inflexion en son milieu. Bord cardinal un peu arqué, parallèle ou parfois assez oblique au bord inférieur. Area ligamentaire extrêmement étroite, linéaire. Les dents sont courtes au centre de la charnière; elles deviennent progressivement lamelleuses et serrées en atteignant les extrémités du plateau cardinal; les postérieures sont obliques par rapport à ce plateau, les antérieures au contraire lui sont perpendiculaires et s'arrêtent avant d'atteindre l'extrémité des crochets. Ces derniers se touchent, ou presque; ils sont épais, renflés, assez peu enroulés; ils atteignent ou dépassent un peu le bord antérieur. Les flancs sont très renflés et très convexes et présentent en général un méplat s'étendant des crochets jusqu'au bord inférieur. L'ornementation est constituée par des stries fines, rayonnantes et concentriques, de même intensité, déterminant un treillis régulier. Les stries d'accroissement, irrégulières, peu accusées dans la région des crochets deviennent plus fortes vers le bord palléal.

Les individus de *Isoarca* cfr. *eminens* du Salève sont assez variables. Certains d'entre eux ont une forme subcylindrique, d'autres, au contraire, ont la partie antérieure beaucoup plus haute que la postérieure, ce qui provient surtout de leurs crochets plus ou moins gros et plus ou moins élevés. Le rapport entre leur longueur et leur largeur est loin d'être constant. Tous, par contre, sont caractérisés par l'extrême inéquilatéralité des valves, les crochets dépassant ou tout au moins atteignant le bord antérieur.

Il est actuellement impossible d'identifier avec une complète sécurité nos *Isoarca* du Salève avec *I. eminens* de Nattheim, dont le type est imparfaitement connu. En outre, nos individus diffèrent de ce type en ce qu'ils sont toujours un peu moins allongés, et que souvent, les crochets sont plus saillants en hauteur. Il ne faudrait toutefois pas attacher une trop grande importance à ces différences, car nous ne connaissons rien de la variabilité des individus de Nattheim. Certains de nos échantillons aux crochets élevés offrent une certaine analogie avec les formes allongées d'*I. inflata* Et.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 15.

Corbis valfinensis de Lor.

(Pl. 19, fig. 7-9.)

1888. *Corbis valfinensis.* De Loriol, *Etudes sur les Moll. des couches corall. de Valfin,* p. 248, pl. 26, fig. 7-9.

1891. *Corbis valfinensis.* De Loriol, *Etudes sur les Moll. des couches corall. inf. du Jura bernois*, p. 196 pl. 20, fig. 6-8.
1895. *Corbis valfinensis.* De Loriol, *idem*, 1er supplément, p. 32, pl. 5, fig. 3.

Longueur maximale	36mm,3
Hauteur par rapport à la longueur	0,57
Epaisseur	0,62 à 0,68

Nous possédons quelques individus du Salève qui s'accordent presque parfaitement avec la diagnose de de Loriol. Les seules différences que nous constatons sont l'absence de stries rayonnantes dans la partie anale de la coquille, mais cela peut provenir de l'usure. L'épaisseur de nos échantillons, par rapport à la longueur est de 0,63 à 0,68 alors que de Loriol donne 0,71-0,75; toutefois cette dimension prise sur les figures 7 *b* et 8 *b* de la planche 26, donne 0,58 et 0,70, c'est-à-dire des valeurs entre lesquelles nos mesures sont comprises.

Gisement. Portlandien inférieur: Couche à *Matheronia salevensis*, à Chavardon. Grosse oolite de la partie supérieure de la gorge de la Mule.

Nombre d'échantillons : 5 valves.

Diceras speciosum Munst.

(Pl. 19, fig. 10-12, pl. 20, fig. 1-3, pl. 21, fig. 1-5, pl. 22, fig. 1-4, pl. 23, fig. 1-8.)

1839. *Chama (Diceras) speciosa.* Münster, *Beiträge zur Petrefacktenkunde*, 1, p. 107.
1840. *Chama speciosa.* Goldfuss, *Petrefacta germaniae*, p. 205, pl. 139, fig. 1 *a*, *b*, *c*.
1882. *Diceras speciosum* var. *aequivalvis.* G. Boehm, *Die Fauna des kelheimer Diceras-Kalkes*, p. 83, pl. 27 [11], fig. 1, 2, pl. 29 [13], fig. 1-2.
1882. *Diceras speciosum* var. *inaequivalvis.* G. Boehm, *idem*, p. 84, pl. 28 [12]
1910. . . . . Simionescu, *Studii geologice si paleontologice din Dobrogea.* 2, *Lamellibranchiatele*, p. 27

Le *Diceras speciosum* est très polymorphe. Bœhm a déjà montré sa grande variabilité dans le développement des crochets. Nous verrons plus loin que, tant par la forme extérieure que par certains de ses caractères internes, cette espèce ne possède aucune fixité.

Les *Diceras* sont fréquents au Salève dans la couche à *Matheronia salevensis.* Au premier abord, ils paraissent appartenir à plusieurs espèces bien distinctes, mais, grâce à un matériel abondant, nous avons pu constater qu'il s'agit de plusieurs formes reliées entre elles par des intermédiaires et qu'on peut toutes rapporter à *Diceras speciosum.*

La forme typique de cette espèce, telle que l'a décrite Bœhm, existe au Salève (Pl. 19, fig. 10, 11, 12, pl. 20, fig. 1, pl. 21, fig. 1-2); elle est équivalve ou presque, les crochets sont médiocrement développés, l'ouverture des valves est presque circulaire, cependant un peu plus haute que large.

La valve droite possède une charnière bien développée. La dent 3 *b* est très grande, arquée, s'élevant d'abord perpendiculairement au plan de commissure des valves, puis se courbant un peu vers le bord supéro-postérieur ; à sa partie basale inférieure, elle présente un petit bourrelet saillant qui borde la fossette A II′. Cette fossette est profonde, très variable ; peu arquée en général, elle l'est parfois très fortement (fig. 7 *a*, pl. 23). La dent A I est assez développée, très variable dans sa forme, plus ou moins allongée dans le sens antéro-postérieur. La lame myophore postérieure est très forte et assez éloignée du plateau cardinal sous lequel elle s'enfonce. L'arête myophore antérieure est saillante et s'enfonce dans la cavité umbonale. L'impression musculaire antérieure est allongée, subquadrangulaire, elle présente des stries parallèles entre elles et dirigées parallèlement à l'arête myophore. L'impression musculaire postérieure, au contraire, est ovale et montre des stries concentriques (voir surtout fig. 5, pl. 23).

La valve gauche est plus caractéristique. La dent A II est forte, peu arquée, présentant à sa face inférieure une large dépression très peu profonde en général, la fossette A I′. La fossette 3 *b′* est très grande, profonde, arquée. A la limite de cette fossette et de la dent A II, existe un léger bourrelet visible surtout dans la région postérieure. On observe dans toutes les valves gauches un rudiment de dent latérale P II (voir surtout fig. 12, pl. 19). L'arête myophore antérieure est assez

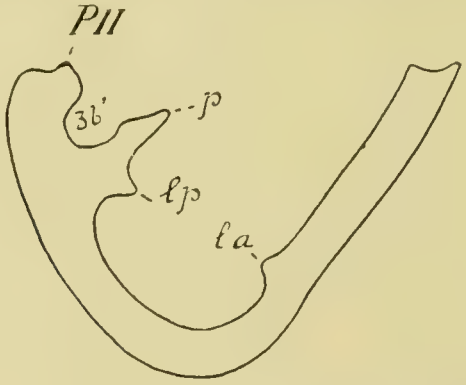


Fig. 17. — Section horizontale antéro-postérieure d'une valve gauche de *Diceras speciosum*, passant par le milieu de l'impression musculaire antérieure et la dent latérale postérieure rudimentaire PII. *p*, plateau cardinal ; *la*, arête myophore antérieure ; *lp*, arête myophore postérieure ; *3 b′*, fossette cardinale postérieure. Gross. × 1.

saillante, elle ne présente rien de particulier. Par contre, le caractère fondamental de *Diceras speciosum* est donné par la lame myophore postérieure, qui s'est rapprochée du plancher cardinal jusqu'à se souder à lui. Le bord distal de cette lame

reste cependant visible; il forme une arête faisant saillie sous le plateau cardinal (fig. 17, texte; pl 19, fig. 12, pl. 20, fig. 12; pl. 23, fig. 6). L'impression musculaire postérieure est donc sur le prolongement du plancher cardinal.

En dehors de la forme typique, il existe des variations dans plusieurs sens.

Variété A. L'ouverture de la valve devient plus ovale; l'appareil cardinal se raccourcit dans le sens antéro-postérieur. En même temps, les crochets s'accusent, s'enroulent, et on arrive à un type qui, tout en restant équivalve, a des crochets fortement développés (pl. 20, fig. 3 *a*, 3 *b*; pl. 21, fig. 3).

Variété B. Inverse de la précédente. La forme de l'ouverture devient circulaire, puis plus large que haute, l'appareil cardinal s'étire dans le sens antéro-postérieur, la coquille devient plus mince, les crochets sont très peu développés, peu saillants, obtus, la cavité umbonale devient très spacieuse (pl. 21, fig. 4-5; pl. 22, fig. 1 à 4).

Si l'on compare les formes extrêmes des séries A et B, (p. ex. les fig. 3, pl. 20 et 3, pl. 21, avec les fig. 4, pl. 21 et 2, 4, pl. 22), on peut se rendre compte de l'étendue de la variation de cette espèce. Des matériaux insuffisants auraient pu conduire à la création de deux espèces en apparence très distinctes.

Variété C. C'est la plus intéressante, car elle affecte les caractères internes. La lame myophore postérieure de la valve droite se rapproche du plancher cardinal, puis se soude avec lui, son bord distal restant cependant individualisé et formant une arête courant sous le plateau cardinal dans la cavité umbonale. C'est un phénomène tout à fait semblable à celui qui s'était produit pour la lame myophore postérieure de la valve gauche. On voit ce processus s'opérer progressivement (pl. 23, fig. 1 à 4) et atteindre son maximum chez les individus représentés pl. 23, fig. 5, 7 et 8. Par ses caractères extérieurs, cette variété est très variable, ses crochets sont peu développés, l'ouverture des valves est circulaire parfois, mais en général plus haute que large.

Au point de vue phylogénique, cette variété est intéressante. L'espèce type, par son impression myophore gauche arrivant au niveau du plancher cardinal, montre déjà un acheminement vers *Heterodiceras*. La variété C se rapproche extrêmement de ce genre, puisque l'impression musculaire postérieure droite vient aussi se relier au plancher cardinal. Le stade *Heterodiceras* est ainsi presque réalisé, l'impression musculaire antérieure droite, seule, n'a pas encore atteint le plateau cardinal.

Rapports et différences. Par les caractères tout particuliers de sa lame myophore postérieure gauche, *Diceras speciosum* ne peut être rapproché que du *D. beyrichi* G. Bœhm, qui présente une disposition un peu analogue. Dans cette dernière espèce, l'impression musculaire postérieure gauche, qui est aussi sur le pro-

longement du plateau cardinal, est située sur la coquille même et non sur une lame myophore. Cette impression musculaire est toutefois bordée, à sa partie antérieure, par une aréte myophore qui est l'homologue de la lame du *D. speciosum*.

Gemmellaro a rapporté à *Diceras escheri* de Lor., une espèce du Tithonique de Sicile qui appartient plutôt à la variété B du *D. speciosum*, car elle possède les mêmes particularités de la lame myophore postérieure gauche, tandis que les caractères internes du *Diceras escheri* sont encore inconnus.

G. Bœhm a déjà attiré l'attention sur la nécessité qu'il y a de posséder un matériel abondant pour la détermination des *Diceras*. En effet, la forme extérieure est souvent d'un secours presque nul. Les deux valves aussi sont tout à fait nécessaires; ainsi, plusieurs de nos valves droites ne peuvent pas être distinguées de celles des *D. cotteaui* Bayle, *D. sinistrum* Desh., *D. beyrichi* G. Boehm.

Gisement. Cette espèce est abondante dans la couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, au haut des Etiollets, au bas de la Grande Gorge. On la trouve aussi, mais plus disséminée, dans la Grosse oolite à la gorge de la Mule et à l'Est de la Petite Gorge.

Nombre d'exemplaires : 10 individus bivalves dont 5 ont été cassés pour connaître les rapports existant entre les deux valves. 26 valves droites préparées et 9 valves gauches préparées. Un certain nombre de valves isolées non préparées.

Matheronia salevensis n. sp.

(Pl. 24, fig. 1-14.)

Matheronia de taille moyenne, atteignant une dimension maximale de 6 centimètres. Test présentant les deux couches caractéristiques reconnues dans ce genre.

Valves très inégales. La gauche, fixée, a un crochet saillant enroulé en hélice, pouvant atteindre trois tours et demi (fig. 6, pl. 24), mais n'en comptant en moyenne que deux et demi à trois. Elle est carénée chez le jeune seulement, et un peu comprimée; la face du crochet est aplatie et parfois même un peu concave (p. ex., pl. 24, fig. 2), la face opposée est arrondie. La carène des premiers tours paraît être due en grande partie à la fixation. L'ornementation est constituée par les lamelles transversales d'accroissement, assez peu marquées, et, sur la face du crochet, par des côtes longitudinales irrégulières, peu accusées (fig. 7, pl. 24). L'enroulement est un peu variable, les formes à plus grand nombre de tours s'accroissant en diamètre moins rapidement que les autres (comparer les figures 1 et 6, pl. 24).

La valve droite (libre) est operculiforme, légèrement spiralée, à crochet non saillant, à carène nulle ou à peine indiquée et côtoyant le bord postérieur.

Caractères internes : Valve gauche (fixée), (fig. 8-9, pl. 24 et fig. 18 texte).

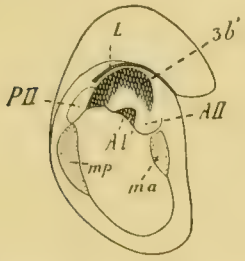


Fig. 18. — Valve gauche, fixée, de *Matheronia salevensis*, gross. × 1. *AI'* et *AII*, éléments latéraux antérieurs; *3 b'* fossette cardinale; *PII*, dent latérale postérieure; *L*, ligament; *ma*, impression musculaire antérieure; *mp*, impression musculaire postérieure.

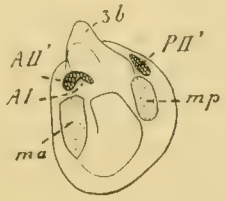


Fig. 19. — Valve droite, libre, de *Matheronia salevensis*, gross. × 1. *AI* et *AII'*, éléments latéraux antérieurs; *3 b*, dent cardinale; *PII'* fossette latérale postérieure; pour les autres lettres voir fig. 18.

Cavité umbonale très spacieuse. Dent médiane A II forte, conique, droite, contiguë au bord antérieur de la valve. La fossette A I′ est creusée dans la partie inféro-postérieure de la dent A II; elle est assez profonde. La fossette 3 *b′* est très développée et occupe la plus grande partie du plancher cardinal. La dent latérale postérieure P II est rudimentaire, elle est représentée par un bourrelet allongé, postérieur au ligament. Ce dernier est situé dans une dépression longeant le bord supérieur de la commissure des valves. Impression musculaire antérieure oblongue, superficielle, n'ayant pas déterminé d'épaississement du test. Impression musculaire postérieure allongée, plus grande, délimitée chez l'adulte seulement, par une arête très obtuse s'enfonçant dans la cavité umbonale, rudiment de lame myophore, qui ne s'étend guère au delà de la moitié du dernier tour.

Valve droite (libre), (fig. 10-14, pl. 24 et fig. 19 texte). Appareil cardinal plus puissant que chez toutes les espèces de *Matheronia* connues; la hauteur du plancher cardinal atteint ou dépasse même le tiers du plus grand diamètre de l'ouverture. La dent 3 *b* est très grande, triangulaire, dirigée obliquement en avant, déversée en dehors et courbée de façon à devenir parallèle au plan de commissure des valves et à dépasser de beaucoup le bord supérieur; elle présente un méplat s'étendant de son sommet jusqu'à la partie postérieure de sa base et elle forme en ce point une apophyse peu marquée dominant l'impression musculaire postérieure. La dent A I est conique, assez peu développée, mais toutefois plus saillante que dans les autres espèces de *Matheronia*. Entre les deux dents et à la partie antérieure de leur base est creusée la fossette médiane A II′, conique et assez profonde.

En arrière de la dent 3 *b*, il existe une dépression allongée, très peu profonde, P II′, faisant suite au ligament qui est très court et logé dans un sillon étroit situé à la partie externe de la base de cette dent 3 *b*.

Cavité umbonale relativement profonde, étant donné la forme operculaire de la valve (fig. 20 *a*).

Impression musculaire antérieure allongée (voir surtout fig. 13, pl. 24), s'éten-

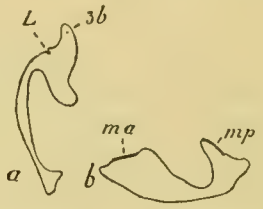


Fig. 20. — Sections verticale *(a)* et horizontale *(b)* de la valve droite de *Matheronia salevensis*, gross. × 1.

dant jusqu'à la base de la dent A I ; elle est supportée par un épaississement considérable du test et est délimitée par une crête mousse de la cavité umbonale (fig. 20 *b*). Impression musculaire postérieure plus petite, ovale, arrivant jusqu'à la base de la dent 3 *b* ; elle est supportée par une lame, prolongement du plancher cardinal, qui surplombe la cavité umbonale (fig. 20 *b*). Sauf dans la région ligamentaire, une gouttière servant à loger le bord libre du manteau s'étend sur tout le pourtour de la valve (voir surtout fig. 12 *a*, pl. 24).

Rapports et différences. Matheronia salevensis par le développement considérable de son appareil cardinal ne peut être confondue avec aucune des espèces crétacées connues. C'est avec *M. romani* Paq. qu'elle a le plus d'affinités. Elle s'en distingue par sa taille plus petite, par sa valve inférieure à crochet beaucoup plus enroulé et à tours plus détachés, par le manque de carène dans les derniers tours, par la présence d'une dent P II rudimentaire et d'une faible arête myophore. La valve supérieure se distingue de celle de *M. romani* principalement par sa carène qui est rudimentaire ou nulle, par son enroulement en spirale, et par sa dent 3 *b* qui est plus longue, déversée. Il faut encore noter que la hauteur du plateau cardinal, qui atteint ou dépasse même le tiers du plus grand diamètre de l'ouverture chez l'espèce du Salève, ne mesure que le quart ou le cinquième de ce diamètre chez *M. romani*.

Matheronia strambergensis (Blaschke), du Tithonique de Stramberg, est très incomplètement connue. Elle paraît néanmoins se différencier de l'espèce du Salève par sa valve inférieure à crochet moins développé et à tours moins nombreux, par

sa valve supérieure moins operculaire et carénée. En outre, les lamelles de la couche externe du test sont beaucoup plus fortes.

Le sous-genre *Monnieria* créé par PAQUIER [1], ne nous paraît motivé que par des caractères secondaires qui pour la plupart existent dans les *Matheronia* typiques du crétacé. Ainsi, la valve droite non spiralée se retrouve chez plusieurs espèces crétacées, la carène de la valve inférieure existe par exemple chez *M. virginiæ* A. Gras, et *M. aptiensis* Math. D'autre part, l'espèce du Salève, plus ancienne pourtant que *M. romani* et fort voisine d'elle par la puissance de son appareil cardinal, possède contrairement à cette dernière espèce, une valve supérieure à carène nulle ou presque et une dent 3 *b* très longue, déversée. Il ne subsiste donc, pour caractériser *Monnieria*, que l'appareil cardinal plus robuste que chez les *Matheronia* typiques du Barrémien, caractère qui ne nous paraît pas suffisant pour créer un sous-genre.

Gisement. Matheronia salevensis est abondant au Salève, mais localisé dans une seule couche appartenant au Portlandien inférieur. Le plus souvent, cette espèce est très difficile à dégager de la roche, ce n'est qu'à de rares endroits, comme au haut des Etiollets, à Chavardon, où la roche devient un peu crayeuse, qu'il est possible d'en obtenir de bons exemplaires.

Nombre d'exemplaires : 25 individus complets, 25 valves inférieures dont deux préparées et 50 valves supérieures préparées.

Phylogénie du genre Matheronia.

L'espèce de ce genre qui se rencontre au Salève présente un assemblage de caractères assez singulier, qui la rapproche à la fois des *Matheronia* typiques et du genre *Hypelasma* Paquier. Nous avons même pensé à la classer dans ce dernier genre à cause de la présence à sa valve gauche, chez l'adulte, d'un rudiment de lame myophore. D'autre part, plusieurs caractères l'en éloignent, comme par exemple, sa valve supérieure non déjetée vers le bord postérieur, sa fossette A I′ qui est bien développée. Par contre, notre espèce, par son port général, par l'ensemble des caractères de sa charnière, vient se rattacher franchement au genre *Matheronia* et particulièrement à *M. romani* Paq. du Tithonique supérieur du Gard.

Grâce à l'ensemble des caractères que nous avons passés en revue plus haut, *Matheronia salevensis*, qui est du reste l'espèce la plus ancienne actuellement connue du genre, doit être la souche :

[1] Bull. Soc. géol. France (3), vol. 25, p. 813.

1° des *Matheronia* du Tithonique supérieur et du Crétacé qui montrent une réduction progressive de l'appareil cardinal.

2° du genre *Hypelasma* par le développement progressif de la lame myophore postérieure de la valve inférieure.

L'hypothèse émise par PAQUIER, suivant laquelle *Toucasia* et *Apricardia* ne dériveraient pas, comme il peut sembler au premier abord, de *Diceras*, mais de formes comme *Hypelasma*, ayant acquis progressivement leurs lames myophores, est confirmée par la découverte de *Matheronia salevensis* chez laquelle cet organe est encore fort peu développé. Nous pensons donc pouvoir établir la filiation suivante : *Matheronia salevensis* — *Hypelasma* — *Toucasia* — *Apricardia*.

Il reste maintenant à établir l'origine du genre *Matheronia*. En effet, l'espèce du Salève possède déjà les caractères très nets du genre et se trouve dans le Portlandien inférieur, où le genre *Heterodiceras* est seulement en voie de se détacher du genre *Diceras*. En outre, DE LORIOL a figuré[1] sous le nom de *Diceras bourgeati*, une valve inférieure de Rudiste qui, par sa forme extérieure, appartient à n'en pas douter au genre que nous étudions. Il n'est donc pas possible de chercher l'origine de *Matheronia* dans le genre *Heterodiceras*, ainsi que l'ont fait H. DOUVILLÉ et PAQUIER.

Plesiodiceras, par contre, possède les plus grandes affinités avec *Matheronia salevensis*. Le premier de ces genres possède déjà la grande inégalité des valves que l'on observe chez le second, la valve inférieure étant très développée et assez fortement enroulée, la valve supérieure, faiblement spiralée, à crochets non saillants, et tendant à devenir operculiforme. La dent 3 *b* de *Plesiodiceras* (pl. 24, fig. 15-17), parallèle au plan de la commissure des valves et même déversée vers l'extérieur, triangulaire, à sommet dirigé en avant, présente les mêmes caractères, mais accusés dans *Matheronia salevensis*. *Heterodiceras*, par contre, ne montre rien de semblable, sa dent 3 *b* étant auriculiforme, arrondie, dirigée obliquement en arrière. La plus grande différence qui existe entre *Matheronia* et *Plesiodiceras* (comme aussi du reste entre *Heterodiceras* et le premier de ces genres), consiste dans le fait que l'impression musculaire postérieure de la valve gauche se trouve sur le prolongement du plancher cardinal dans le second de ces genres et sur le test même dans le premier. *Plesiodiceras* montre cependant des caractères transitoires permettant de passer à *Matheronia*. En effet, un certain nombre d'exemplaires de *Plesiodiceras munsteri*, de Valfin, possèdent une lame myophore peu accusée s'enfonçant dans la cavité umbonale[2]. Chez ces individus, le muscle postérieur s'insérait en partie

[1] *Etudes sur les Mollusques des couches coralligènes de Valfin*, pl. 29, fig. 2 (non 1).

[2] C'est cette particularité qui a déterminé G. BOEHM (*Die Fauna des kelheimer Diceras-Kalkes* p. 160) à créer la nouvelle espèce *P. valfinense ;* mais, à Valfin, on trouve ensemble des individus qui ont

sur le prolongement du plateau cardinal, en partie sur le test même. Il nous semble donc que rien ne s'oppose à la conclusion que *Matheronia* dérive de *Plesiodiceras*. Nous donnons (pl. 24,) des figures montrant la grande analogie des valves droites de ces deux genres. Les figures 17 et 16 représentent des échantillons de *P. munsteri* du Kimeridgien d'Ambléon (Ain), aimablement communiqués par M. l'abbé RICHARD, de Bellay; la fig. 15 représente la même espèce, du Kimeridgien de Silan, près Nantua (Ain); enfin les figures 12, 11, 10 représentent *Matheronia salevensis*.

VALLETIA ANTIQUA n. sp.

(Pl. 25, fig. 1-12.)

Coquille inéquivalve, à valve droite (fixée) plus enroulée et plus développée que la gauche. Les deux valves sont fortement carénées, surtout dans le jeune âge. La carène détermine deux faces, l'antérieure concave, la postérieure fortement convexe. Il n'y a pas d'autre ornementation du test que les stries transversales d'accroissement, d'ailleurs assez peu marquées.

Caractères internes. Valve gauche (libre) (Fig. 4-8, pl. 25 et fig. 21 texte). Cavité umbonale assez spacieuse. Il n'existe pas trace de la fossette A I'. La dent A II est très saillante, et s'élève perpendiculairement au plan de commissure des

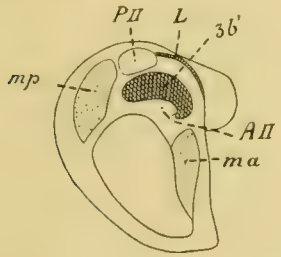


Fig. 21. — Valve gauche, libre, de *Valletia antiqua*, gross. × 1,5. Pour l'explication des lettres, voir les fig. 18 et 19.

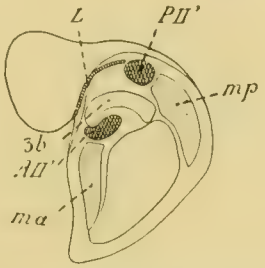


Fig. 22. — Valve droite, fixée, de *Valletia antiqua*, gross. × 1,5. Pour l'explication des lettres voir les fig. 18 et 19.

valves; elle est pointue et présente, sur sa face supérieure, une large rainure hélicoïdale. Fossette 3 *b'* très vaste et profonde, arquée. Dent P II assez peu développée, affectant la forme d'un bouton ovale ou arrondi, placée très en avant grâce au raccourcissement du ligament. Le sillon ligamentaire naît à la partie antérieure

cette lame myophore, d'autres qui ne l'ont pas et des formes intermédiaires. Il paraît donc douteux que l'espèce de BOEHM puisse être conservée.

de P II et côtoie de très près le bord commissural des valves; il se continue jusqu'au sommet du crochet.

Muscle adducteur antérieur s'insérant sur une surface horizontale au niveau du plancher cardinal et produite par un épaississement du test. L'impression musculaire est allongée et s'étend presque jusqu'à l'angle du bord inférieur de la valve. Impression musculaire postérieure un peu moins allongée que la précédente, de surface à peu près égale, placée sur le plancher cardinal, s'avançant près du bord supérieur de la valve, entre la fossette 3 *b'* et le bord postérieur.

Valve droite (fixée) (fig. 9 à 12, pl. 25 et fig. 22 texte). Cavité umbonale assez spacieuse. La dent A I fait complètement défaut. Fossette A II profonde, arquée, à concavité dirigée vers le bord supérieur de la valve; elle est séparée de la cavité umbonale par une mince cloison. La dent 3 *b* est grande, arquée; elle s'élève normalement au plan de commissure des valves. Fossette PII' peu développée, circulaire ou ovale.

Impression musculaire antérieure déclive, très allongée, s'étendant presque jusqu'à l'angle du bord inférieur de la valve. Impression musculaire postérieure horizontale, située sur le plancher cardinal, pénétrant entre la dent 3 *b* et le bord postérieur et limitée dans la région supérieure par la fossette PII'. Elle est allongée, sa surface égale ou dépasse un peu celle de l'impression musculaire antérieure.

Rapports et différences. Il n'est pas possible de confondre *Valletia antiqua* avec les *V. tombecki* Mun. Chalm., *V. pilleti* Mun. Chalm., *V. germani* P. et C., *V. lorioli* P. et C., qui n'ont pas de carène et dont les caractères internes, pour autant qu'ils sont connus, diffèrent beaucoup. *V. antiqua* a beaucoup plus d'affinité avec *V. michaillensis* P. et C. du Barrémien, espèce très polymorphe. On distinguera toujours l'espèce du Salève par ses crochets plus volumineux, par la carène des valves plus accusée (qui n'existe pas toujours chez *V. michaillensis*), par sa valve inférieure ne présentant pas de tendance au déroulement. Par les caractères internes, ces deux espèces se distinguent aussi aisément. La dent 3 *b*, chez *Valletia michaillensis*, n'a pas l'aspect auriculiforme de celle de *V. antiqua;* elle est plus longue et plus pointue, les deux dents AII et PII sont plus égales que dans l'espèce du Salève. Par ce dernier caractère, *V. michaillensis* est intermédiaire entre les genres *Valletia* et *Monopleura.*

Gisement. Cette espèce est localisée dans la couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur; nous l'avons recueillie au haut des Etiollets, à Chavardon, au bas de la Grande Gorge, aux rochers de la Balme au-dessus de Pomier.

Nombre d'exemplaires : 5 individus bivalves, 7 valves droites préparées et 15 valves gauches préparées.

Phylogénie de Valletia.

La découverte d'une *Valletia* très typique dans le Portlandien inférieur, où les *Heterodiceras* ne sont pas encore connus, ne permet plus de faire dériver le premier de ces genres du second, ainsi que l'avait établi H. Douvillé[1]. Parmi les Rudistes antérieurs au Portlandien, c'est incontestablement *Plesiodiceras*, connu déjà dans le Séquanien supérieur (*P. sanctæ verenæ* (Thurm.)), qui possède le plus d'affinités avec *Valletia*. La dent AI de *Plesiodiceras*, assez peu développée, disparaît dans *Valletia*. La dent latérale postérieure PII apparaît rudimentaire chez un certain nombre de *P. munsteri* que nous avons préparés; elle existe toujours chez *Valletia*, quoique peu développée. Enfin, dans les deux genres, les impressions musculaires émigrent entre la dent 3 *b* ou la fossette 3 *b'* et le bord postérieur. Ce dernier caractère, déjà indiqué par Munier Chalmas, paraît très important, car il se retrouve chez toutes les formes primitives de la série dite inverse (Gyropleurinés et Monopleurinés), tandis que *Plesiodiceras* est le seul Dicératiné qui le présente.

Il existe certainement d'assez notables différences entre *Valletia* et *Plesiodiceras*. Ainsi, la valve droite de ce dernier genre, qui est libre, tend à devenir operculiforme, est très développée et fixée chez le premier. Toutefois, quand on voit des phénomènes analogues se produire au sein d'un même genre *(Chama)*, il ne semble pas qu'il faille leur accorder une trop grande importance.

Les considérations qui précèdent permettent, ce nous semble, d'admettre que les Rudistes de la série dite improprement inverse, dont *Valletia* est le premier représentant, dérivent de la série normale, non pas de *Heterodiceras*, mais de *Plesiodiceras*, et cela suivant les deux processus suivants, indiqués déjà, le premier par H. Douvillé et le second par Munier Chalmas :

1° Régression et disparition de la dent cardinale AI et de la fossette correspondante AI' ; développement progressif de la dent latérale postérieure PII.

2° Emigration des impressions musculaires postérieures entre les dents ou fossettes cardinales et le bord postérieur de la valve.

Phylogénie des Rudistes jurassiques.

L'origine du genre *Diceras* est encore très obscure. Il est peu probable qu'il dérive, ainsi que le pense G. Bœhm[2], du genre *Protodiceras* Bœhm, des calcaires

[1] Bull. Soc. géol. France. (3), vol. 15, p. 756, 1886-1887.

[2] Berichte der Naturforsch. Gesell. Freiburg in Brisgau, vol. 6, part. 2, p. 53, 1891.

gris liasiques de Vénétie. Les deux genres ont, il est vrai, une charnière analogue, mais il existe un hiatus si grand entre eux qu'il faudrait, tout au moins, trouver quelques formes intermédiaires dans le Dogger pour être certain de cette filiation. Il peut y avoir, entre ces deux genres, une analogie due seulement à une adaptation à des conditions semblables, sans qu'il y ait de parenté réelle, d'autant plus que, parmi les premières espèces de *Diceras* connues, certaines d'entre elles comme *D. kobyi* de Lor., sont beaucoup moins spécialisées que *Protodiceras*.

La forme la plus primitive, actuellement connue, est certainement *Diceras kobyi* de Lor., du Rauracien du Jura bernois, car elle a des crochets très peu développés, un test relativement très mince, une charnière peu robuste à dent 3 *b* beaucoup moins développée que chez tous les autres *Diceras*. Enfin, les impressions musculaires ne sont pas portées par de véritables lames myophores, mais elles sont seulement limitées, du côté interne, par de simples arêtes obtuses et très peu saillantes.

Dès l'apparition du genre, dans le Rauracien, on constate déjà des espèces nombreuses. Les unes sont fixées par la valve gauche (groupe du *D. sinistrum*) et paraissent les plus primitives, puisque c'est parmi elles qu'on trouve les formes les moins spécialisées *(D. kobyi)*. Les autres sont fixées par la valve droite (groupe du *D. arietinum*). Tandis que les espèces du premier groupe persistent jusqu'au Crétacé inférieur *(D. escheri)*, c'est-à-dire aussi longtemps que le genre lui-même, et atteignent leur développement maximal dans le Portlandien, les autres disparaissent déjà dans le Kimeridgien, après avoir eu leur plus grand épanouissement peu après leur apparition, dans le Rauracien.

Le premier rameau qui se détache de la souche *Diceras* a pour tête de ligne *Plesiodiceras*, genre à valve droite presque operculiforme, aux impressions musculaires sur le prolongement du plateau cardinal et à dent 3 *b* déversée. Ce genre, déjà individualisé dans le Séquanien supérieur *(P. sanctæ verenæ)*, persistera jusque dans le Portlandien moyen. La filiation de *Plesiodiceras* se fait vraisemblablement par l'intermédiaire de formes rauraciennes telles que *Diceras moreaui* Bayle, à valves très inégales, dont l'une tend à devenir operculiforme, à charnière présentant déjà des affinités avec *Plesiodiceras*, comme par exemple sa dent 3 *b* qui prend la forme triangulaire et qui se déverse. Les lames myophores de cette espèce s'enfoncent toutefois encore dans la cavité umbonale. Le *D. buvignieri* Bayle, du même étage, paraît également former une transition, sa forme extérieure rappelant *Plesiodiceras*, ses impressions musculaires postérieures, comme dans ce dernier genre, étant situées sur le prolongement du plateau cardinal; ses impressions musculaires antérieures, par contre, sont encore celles de *Diceras*.

Ce premier rameau sera le plus développé; il donnera naissance à la presque

totalité des Rudistes. De *Plesiodiceras*, il est facile, comme nous l'avons vu, de passer au genre *Matheronia*, connu depuis le Ptérocérien, par l'exagération de l'inégalité des valves, par la réduction progressive de la dent A I et de la fossette A I′ et par le grand développement de 3 *b* qui s'allonge et se déverse. La principale différence apparaît dans le fait que *Matheronia* a les muscles adducteurs de la valve gauche non insérés sur le prolongement du plateau cardinal, mais directement sur la coquille et sans l'aide de lames myophores. Il est possible de trouver des formes de passage dans certains individus de *Plesiodiceras munsteri*, de Valfin, qui possèdent une arête myophore postérieure gauche et dont l'impression musculaire postérieure gauche est située à moitié sur le prolongement du plateau cardinal et à moitié sur le test ; chez *Matheronia salevensis*, cette impression musculaire a abandonné le plateau cardinal, mais l'arête existe à l'état rudimentaire pour disparaître complètement dans les autres espèces de *Matheronia*. C'est de ce dernier genre que doivent descendre les *Requienia*, formes très voisines, qui ne diffèrent guère par l'organisation générale de leur charnière et leur mode d'insertion des muscles adducteurs.

Paquier a déjà émis l'hypothèse que *Toucasia*, caractérisé par ses lames myophores postérieures, pourrait ne pas dériver de *Diceras*, malgré l'analogie qu'on peut observer entre ces deux genres. Les lames myophores, pour cet auteur, sont un caractère récemment acquis et l'ancêtre probable de ce genre est *Hypelasma*, du Tithonique, qui possède seulement une arête myophore postérieure gauche. La découverte de *Matheronia salevensis* vient à l'appui de l'hypothèse de Paquier, car cette espèce possède à la valve gauche, chez l'adulte seulement, un rudiment d'arête myophore postérieure. Il semble donc qu'on puisse admettre la filiation suivante : *Plesiodiceras* — *Matheronia salevensis* ou forme voisine — *Hypelasma* — *Toucasia*. C'est encore de *Plesiodiceras* que doit descendre la série des Rudistes improprement nommée inverse, qui sera si richement représentée dans le Crétacé. Cette série diffère du groupe des Dicératinés, ainsi que l'a montré Douvillé par le développement de la dent latérale postérieure et la disparition de la dent cardinale A I. Le premier genre de cette série est *Valletia*, connu actuellement depuis le Portlandien inférieur. La transition entre *Plesiodiceras* et le genre précédent est facile à saisir. Les impressions musculaires ont la même disposition caractéristique dans les deux genres, où on voit que les postérieures ont émigré entre la dent 3 *b* ou sa fossette 3 *b*′ et le bord postérieur. La dent A I, déjà peu développée chez *Plesiodiceras*, disparaît chez *Valletia*, tandis que la dent latérale postérieure P II, rudimentaire chez certains individus du premier genre, se développe dans le second, sans toutefois atteindre la force de la dent cardinale A II. Ce n'est que dans les genres crétacés, *Monopleura* et *Gyropleura*, que l'égalité de taille des dents de la valve gauche est acquise.

L'ancienne souche *Diceras* donne encore naissance, mais beaucoup plus tardivement, au genre *Heterodiceras*. Pendant le Kimeridgien supérieur et le Portlandien inférieur, on voit, chez plusieurs espèces du premier de ces deux genres, les lames myophores arriver au niveau du plancher cardinal et souvent se souder à lui. Chez *D. speciosum* Munst., *D. beyrichi* G. Bœhm, ce processus se produit pour la lame myophore postérieure gauche ; chez *D. sinuatum* G. Gemm., *D. affine* G. Gemm., pour la lame myophore postérieure droite et enfin chez *D. speciosum* variété *C* du Salève, les deux impressions musculaires postérieures sont sur le prolongement du plateau cardinal, réalisant ainsi la disposition que l'on rencontre chez *Heterodiceras*. Cependant, toutes les espèces de *Diceras* ont encore l'arête myophore antérieure droite qui s'enfonce dans la cavité umbonale, caractère qui disparaîtra chez *Heterodiceras*.

Il est à remarquer, toutefois, que si par le processus étudié plus haut, le genre

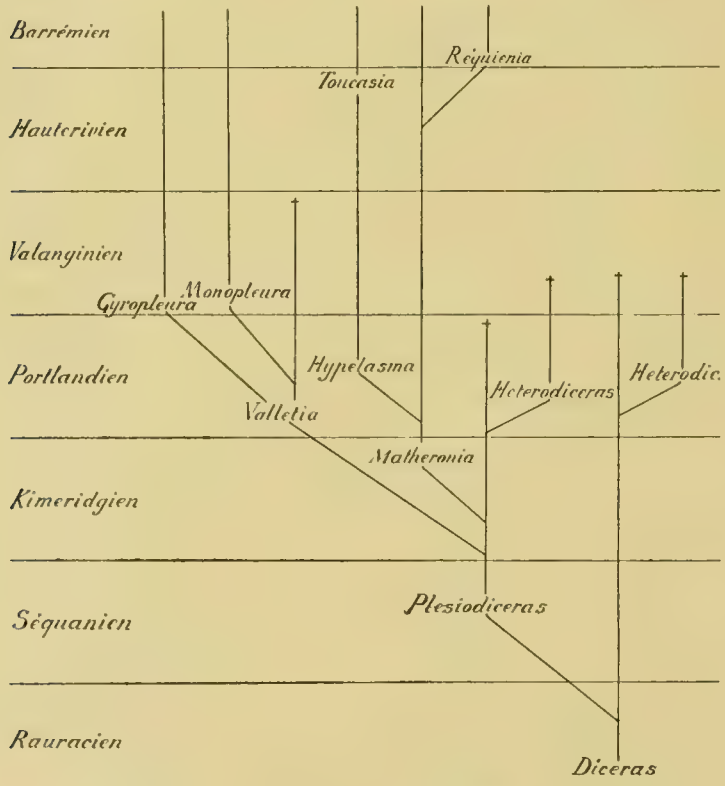


Fig. 23. — Tableau généalogique des Rudistes jurassiques.

Diceras, a pu engendrer *Heterodiceras*, il est possible également que *Plesiodiceras* ait donné naissance à certaines espèces du genre en question. En effet, ces deux genres sont très voisins. Leurs muscles adducteurs sont insérés sur le plateau cardinal et les éléments de la charnière sont à peu près les mêmes; la dent 3 *b* cependant est triangulaire, pointue et franchement dirigée en avant chez *Plesiodiceras*, tandis qu'elle est auriculiforme et arrondie chez *Heterodiceras*. Ils diffèrent encore par leur forme extérieure, l'un étant presque équivalve, l'autre possédant la valve droite operculaire, et par leurs impressions musculaires postérieures qui chez *Plesiodiceras* émigrent entre les dents cardinales et le bord postérieur. Il est donc très possible que *Heterodiceras* ait une double origine, mais les matériaux que nous possédons actuellement sont encore trop insuffisants pour trancher la question.

Le tableau généalogique, fig. 23, résume tout ce qui vient d'être dit dans les pages précédentes.

Cardium (Pterocardia) corallinum Leym.

(Pl. 25, fig. 21 et pl. 34, fig. 1.)

Pour la bibliographie de l'espèce, voir de Loriol, *Etudes sur les Moll. des couches corall. de Valfin*, p. 234. Il y a lieu d'ajouter :

1891. *Cardium (Pterocardia) corallinum.* de Loriol, *Etudes sur les Moll. des couches corall. inf. du Jura bernois*, 3me part., p. 185, pl. 20, fig. 1-3.
1897. *Cardium corallinum.* Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 308.
1903. » » Remes, *Nachträge zur Fauna von Stramberg ; 4, Ueber Bivalven der stramberger Schichten*, p. 189.
1905. *Cardium corallinum.* Krumbeck, *Die Brachiopoden und Molluskenfauna des Glandarienkalkes*, p. 119 [55], pl. 12 [5], fig. 8.
1906. *Cardium corallinum.* Péron, *Les Pélécypodes rauraciens et séquaniens*, p. 65 [33].
1910. » » Simionescu, *Studii geologice si paleontologice din Dobrogea*, 2, *Lamelibranchiatele*, etc., p. 28, pl. 1, fig. 2.
1912. *Cardium (Pterocardium) valfinense.* Rollier, *Fossiles nouveaux ou peu connus des terrains secondaires du Jura*, p. 139.
1912. *Cardium (Pterocardium) buvignieri.* Rollier, *id.* p. 138.
1912. » » *wimmisense.* Rollier, *id.* p. 140.
1912. » » *cochleatum.* » » p. 140.
1912. » » *alatum.* » » p. 140.

L'étude de cette espèce si discutée a été reprise récemment par Rollier *(loc. cit.)*, qui établit 5 espèces au dépens de celle de Leymerie.

C. buvignieri Desh., pour la forme du Rauracien de la Meuse, de l'Aube, de l'Yonne et du Jura bernois.

C. valfinense Rollier, pour la forme du Ptérocérien de Valfin.

C. wimmisense Rollier, pour celle du Tithonique de Wimmis.

C. cochleatum Quenst., pour celle du Tithonique de Kelheim et de Stramberg.

C. alatum de Luc, pour celle de l'Infranvalanginien à *Heterodiceras luci* du Salève.

Il est incontestable, en effet, que le *Cardium corallinum* des auteurs a subi des variations depuis le moment où il apparaît dans le Rauracien, jusqu'à celui de sa disparition dans l'Infravalanginien. Si l'on suit cette espèce d'étage en étage, on peut se rendre compte que son évolution se fait approximativement de la façon suivante :

a) La taille augmente ;
b) Le test augmente d'épaisseur ;
c) L'appareil cardinal se renforce ;
d) Le nombre des côtes se réduit ;
e) L'aile devient plus ample et ensuite reste stationnaire.

Mais ces modifications ont lieu si graduellement qu'il ne nous paraît guère possible de pratiquer des coupures spécifiques dans le *C. corallinum* tel qu'il a été compris par les auteurs. Aussi pensons-nous qu'il est bien préférable de considérer comme variétés les espèces peu caractérisées que ROLLIER propose.

La variété *buvignieri* Desh., rauracienne, mérite d'être conservée. Elle se distingue par sa petite taille, la faible épaisseur du test, par ses nombreuses côtes (les échantillons du Musée de Genève en possèdent 52 à 53) et par son aile peu développée.

La variété *valfinense* Rollier diffère de la précédente par son aile généralement plus ample, par sa charnière plus forte, à dent latérale antérieure droite très saillante et surplombant l'impression musculaire et enfin par son test plus épais. Le caractère tiré du nombre de côtes par ROLLIER ne paraît pas avoir de valeur, les exemplaires de *C. corallinum* de Valfin que possède le Musée de Genève nous ont donné 52 à 57 côtes, nombre égal ou supérieur même à celui de la variété *buvignieri*.

Les exemplaires portlandiens du *C. corallinum* du Salève, au nombre de 6, appartiennent à la variété *valfinense ;* ils sont en général en mauvais état, roulés ; le petit exemplaire que nous figurons pl. 25, fig. 21, compte 55 côtes ; un autre exemplaire que nous a communiqué M. le Professeur SCHARDT en compte 52. Nous avons recueilli cette espèce dans le Portlandien inférieur, tant dans la couche à *Matheronia salevensis* que dans la Grosse oolite.

Nous n'avons rien de particulier à dire au sujet de la variété *cochleatum* Quenst., sinon qu'elle est encore fort mal définie. La nouvelle variété *wimmisense* Rollier, incomplètement connue, est probablement identique à la variété de QUENSTEDT, dont BŒHM a donné quelques caractères qui peuvent tout aussi bien

se rapporter à la variété de Wimmis. En tout cas, le caractère du faible développement de l'aile, indiqué par ROLLIER pour sa variété, ne peut être invoqué, car les exemplaires de Wimmis que possède le Musée de Genève ont cet organe beaucoup plus saillant que chez les individus figurés par OOSTER (*Corallien de Wimmis*), et même aussi saillant que dans la var. *valfinense*.

Nous pouvons donner quelques renseignements au sujet de la variété *alatum* de Luc, que ROLLIER a rétablie. C'est la forme la plus récente, elle provient de l'Infravalanginien à *Heterodiceras luci* de Monnetier. Le Musée de Genève en possède 4 exemplaires, dont 3 proviennent de la collection DE LUC. C'est de toutes les variétés celle dont le nombre de côtes est le plus faible; ce nombre varie entre 34 et 37 dans les 4 exemplaires connus; il est de 50 environ pour les variétés *buvignieri* et *valfinense*, tandis que nous avons compté 43 côtes sur les échantillons de Wimmis du Musée de Genève. La forme de la variété *alatum* est variable; l'individu que nous figurons pl. 34, fig. 1, est le plus étroit; le rapport entre sa hauteur et sa largeur est de 0,7, tandis que dans l'individu le plus large il atteint 0,81. Le bord, palléal dans sa partie inférieure, chez cette variété, est arrondi et non tronqué comme c'est le cas dans les individus de Valfin et de Wimmis. Nous n'avons pas pu préparer la charnière. Le test paraît épais.

ISOCARDIA BERNARDINA (d'Orb.).

(Pl. 25, fig. 13.)

Pour la bibliographie, voir DE LORIOL, *Etude sur les Moll. des couches corall. de Valfin*, p. 232.

Deux exemplaires répondent parfaitement à la diagnose et aux figures de DE LORIOL.

Gisement. Portlandien inférieur, couche à *Matheronia salevensis*, au haut des Etiollets.

ASTARTE STUDERI (de Lor.).

Voir DE LORIOL, *Descr. des foss. de l'Ool. cor.*, p. 22, pl. C, fig. 4.

Le type a été trouvé au bas de la Grande Gorge, il doit donc selon toute probabilité appartenir au Portlandien inférieur. L'examen de la gangue de 3 échantillons que possède le Musée de Genève conduit à la même opinion.

MOLLUSQUES GASTÉROPODES

Pleurotomaria multiformis Zitt.

(Pl. 25, fig. 14.)

1873. *Pleurotomaria multiformis.* Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten,* p. 450, pl. 49, fig. 1-7.
1897. *Pleurotomaria multiformis.* Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc,* p. 305, pl. 4, fig. 13

Un exemplaire du Salève répond fort bien à la description de Zittel ; il appartient à la forme normale de cette espèce, quoique ses tubercules, sur le dernier tour, soient un peu plus développés que de coutume ; il peut être considéré comme intermédiaire entre les figures 1 et 2 de Zittel.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

Ditremaria salevensis n. sp.

(Pl. 25, fig. 15-17.)

Hauteur du plus grand individu	12,5mm
Diamètre par rapport à la hauteur	1,10 à 1,18
Angle spiral	90° environ.

Coquille subglobuleuse, turbinée, un peu plus large que haute. Les tours sont convexes et ne sont séparés que par un faible sillon. Ornementation constituée par des cordons spiraux, au nombre de 14 environ ; le premier à partir de la suture est plus large et perlé, les autres, sont lisses en général, ou coupés par de très fines stries axiales obliques, à peine visibles à l'œil nu. Tous ces cordons diminuent graduellement de largeur jusqu'à la base du tour. La fissure est située entre le 2me et le 3me cordon spiral ; la bandelette du sinus est très étroite.

L'ouverture est étroite, un peu contractée. La callosité de la base est très étendue, mais rétrécie considérablement dans le voisinage du bord columellaire : elle montre, à partir du faux ombilic, quelques sillons irréguliers et vaguement marqués. La protubérance centrale est reliée à la protubérance columellaire par un pont ; la protubérance du labre est peu développée.

Rapports et différences. Cette espèce est très voisine de *D. hermitei* de Lor., mais l'espèce du Salève est un peu plus petite, moins globuleuse, elle ne possède qu'un seul cordon perlé au lieu de trois ; l'ornementation axiale des autres cordons

spiraux est nulle ou presque. La dépression pseudo-ombilicale est plus profonde et plus grande chez *D. hermitei*, et les protubérances centrale et columellaire y sont plus nettement séparées.

D. salevensis paraît être intermédiaire entre *D. hermitei* et *D. striata* Zitt. Dans cette dernière espèce, de forme semblable aux deux autres quoique plus haute, toute ornementation axiale a disparu.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis),* au haut des Etiollets et à Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 8.

Ditremaria carinata Zitt. var. elegans n. var.

(Pl. 25, fig. 18-20.)

1873. *Ditremaria carinata.* Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten,* p. 459, pl. 50, fig. 9.

Hauteur du plus grand individu	21mm
Diamètre par rapport à la hauteur	1,07 à 1,12
Angle spiral	environ 80°.

Coquille un peu plus large que haute, à 6 tours étagés, carénés. La carène, située à la partie postérieure des tours, porte la fissure et la bandelette du sinus qui est peu visible ; elle est séparée de la suture par une rampe oblique recouverte de deux ou trois cordons spiraux perlés. Le dernier tour est orné, à partir de la carène vers l'avant, de onze à douze cordons spiraux diminuant progressivement de grandeur en approchant de la callosité basale. Les deux ou trois premiers sont ornés de stries axiales obliques, assez fortes, qui leur donnent une apparence perlée. La callosité basale est assez étendue et présente, à partir de la dépression pseudo-ombilicale, quelques sillons rayonnants, inégaux et irréguliers qui s'effacent à sa périphérie. La protubérance columellaire est assez développée, la protubérance du labre est peu saillante.

Rapports et différences. Cette variété diffère de l'espèce type par sa taille plus petite, par sa forme un peu plus élevée, par les deux ou trois cordons spiraux antérieurs à la carène qui sont ornés de stries axiales obliques, et par les sillons rayonnants de la callosité basale qui sont peu nombreux au lieu d'être serrés et fins. Enfin, dans la variété, les protubérances columellaire et du labre sont plus marquées.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis),* au haut des Etiollets et à Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 4.

Trochotoma mastoidea (Et.).

(Pl. 26, fig. 1.)

Pour la bibliographie de l'espèce, voir de Loriol, *Etudes sur les Moll. des couches corall. de Valfin*, p. 214.

Nous possédons 7 échantillons de *Trochotoma* du Salève que nous avons trouvé être identiques aux échantillons de Valfin que possède le Musée de Genève. La description de de Loriol s'accorde en tous points avec nos exemplaires.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), au haut des Etiollets et au bas de la Grande Gorge.

Genre Trochus

Discotectus n. subgen.

(Pl. 26, fig. 2-8.)

Coquille conique ou un peu conoïde, parfois un peu extraconique dans les derniers tours qui sont plans, ou presque, et anguleux à la périphérie. Sutures peu marquées. Base plane, non ombiliquée, ouverture beaucoup plus large que haute. La columelle est très courte, munie d'un grand pli spiral soudé sur sa plus grande étendue avec le labre et ne présentant son bord distal libre que vers l'ouverture. Ce pli fait saillie hors de l'ouverture, sous forme d'un hémidisque épais dont le diamètre dépasse la moitié de la largeur de l'ouverture (fig. 5-7, pl. 26 et fig. 24 du texte). Grâce à cette disposition, sur une vue de la base du dernier tour, l'ouverture paraît présenter une échancrure profonde vers la périphérie. Il n'y a pas de pli au labre, ni sur le bord columellaire.

Fig. 24. — *Trochus (Discotectus) massalongoi.* Section axiale. Gross. × 2.

Nous réunissons dans ce nouveau sous-genre quelques petites espèces paraissant être liées aux formations coralligènes du Jurassique et du Crétacé. *Discotectus* se rapproche le plus de *Tectus*, mais en diffère par le pli columellaire beaucoup plus

grand et soudé sur presque toute son étendue au labre. *Trochus massalongoi* G. Gemm, du Tithonique de Sicile, *T. crassiplicatus* Et. du Ptérocérien de Valfin et du Tithonique de Stramberg, *T. strambergensis* Zitt. du Tithonique, rentrent dans ce sous-genre. Il en est de même pour *T. dædalus* d'Orb. du Rauracien-Ptérocérien, *T. frumentum* P. et C du Barrémien, et *T. plicato-granulosus* Münster de l'Emschérien, dont l'ouverture complète n'a jamais été figurée; des exemplaires de ces espèces appartenant au Muséum de Genève, ont, en effet, l'ouverture si caractéristique de notre nouveau sous-genre. Il est probable que nombre de *Trochus*, comme *T. luciensis* d'Orb., *T. zenobius* d'Orb. du Bathonien, *T. beyrichi* Zitt. du Tithonique, dont l'ouverture est mal connue, doivent aussi se classer dans ce nouveau sous-genre.

Trochus (Discotectus) massalongoi G. Gemm..

(Pl. 26, fig. 2-8.)

1869. *Trochus massalongoi.* G. Gemmellaro, *Studj pal. calc. Terebr. Janitor,* 2me partie, p. 81, pl. 14, fig. 13.

Coquille à galbe conoïde, un peu plus haute que large, à angle spiral variant entre 40 et 48° chez l'adulte. Spire composée de 9 à 10 tours plans ou légèrement convexes, anguleux à la périphérie, séparés par des sutures peu distinctes, ornés de 3 fines stries spirales divisant la surface des tours en 4 bandes à peu près égales. Cette ornementation ne persiste pas chez l'adulte dont la coquille est lisse. On voit alors disparaître en premier lieu la strie du milieu du tour. Des stries d'accroissement, extrêmement fines et très obliques, s'observent chez les individus très bien conservés. La base du dernier tour est presque plane, concave vers le centre, non ombiliquée, lisse. L'ouverture est très étroite, à cause du pli columellaire qui la rétrécit. Le pli columellaire est soudé sur sa plus grande partie au labre, il fait saillie hors de l'ouverture en prenant la forme d'un hémidisque marginé dont le diamètre dépasse le tiers de la base du dernier tour. Le profil de l'ouverture, vu suivant l'axe d'enroulement de la coquille, présente de ce fait une profonde sinuosité vers la périphérie du tour (fig. 5-7, pl. 26). A la partie postérieure du péristome, près du point de jonction du labre et du bord columellaire, il existe une petite dent obsolète (fig. 6, pl. 26).

L'espèce du Salève appartient à n'en pas douter au *T. massalongoi* G. Gemm., seulement le célèbre paléontologiste sicilien n'avait à sa disposition que des exemplaires jeunes; les mesures qu'il donne s'appliquent en effet exactement à nos jeunes échantillons. Les individus étudiés par Gemmellaro ne présentent qu'une seule

strie spirale; c'est également la seule qui s'observe sur des individus un peu usés du Salève.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), au haut des Etiollets et à Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 67.

Turbo (Senectus) salevensis n. sp.

(Pl. 26, fig. 10-11.)

Hauteur du plus grand individu	24mm.
Diamètre par rapport à la hauteur	0,96 à 1,02.
Angle spiral	90-94.

Coquille turbinée, à peu près aussi large que longue, à ombilic étroit et profond. Spire composée de 5 à 6 tours convexes, présentant une rampe plane ou même déprimée près de la suture. Cette rampe montre, en son milieu, deux filets spiraux très fins et très rapprochés. Le dernier tour est orné, en avant de la rampe, de 4 côtes spirales, fortes, lamelleuses, séparées par des sillons aussi larges qu'elles, puis, à la suite, sur la base du dernier tour, de 5 côtes spirales plus petites, plus serrées, séparées par des sillons plus étroits. Enfin, deux fortes côtes spirales, séparées par un sillon profond et large, bordent l'ombilic, dans lequel on aperçoit encore trois faibles cordons. De très fines stries d'accroissement sont visibles sur les exemplaires très bien conservés.

L'ouverture est à peu près circulaire, un peu anguleuse cependant en arrière. Le péristome est presque continu. Le labre est assez mince, le bord columellaire recouvre en partie l'ombilic.

Le *T. salevensis* est voisin du *T. eryx* d'Orb. Il s'en distingue par sa taille trois fois plus grande, par ses côtes spirales postérieures plus saillantes et même lamelleuses, et par ses deux fortes côtes bordant l'ombilic. Le *T. paschasius* Guir. et Og. se distingue facilement de notre espèce par sa taille plus petite et par ses ornements spiraux qui s'atténuent considérablement chez l'adulte.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), du haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 2.

Opercule indéterminé.

(Pl. 26, fig. 9.)

Nous avons recueilli un opercule multispiré de 14mm de diamètre et de 2mm d'épaisseur, que nous n'avons pu rapporter à aucun opercule des genres actuels

que nous avons étudiés. C'est sans doute un opercule appartenant au même genre que REMES a figuré dans ses *Nachträge zur Fauna von Stramberg*, 8, *Ueber Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 191 [15], pl. 9 [2], fig. 20.

Gisement. Portlandien inférieur, couche à *Matheronia salevensis*, au haut des Etiollets.

NERITA (LISSOCHILUS) TITHONICA n. sp.

(Pl. 26, fig. 12.)

1869. *Nerita sulcatina*. G. GEMMELLARO, *Studj pal. calc. Terebr. Janitor*, part. 2, p. 61, pl. 11, fig. 8-9.

Coquille à spire très courte, très peu saillante, tours à accroissement extrêmement rapide, le dernier étant très grand et déprimé. La surface est ornée de 15 à 16 côtes spirales, peu saillantes, s'effaçant presque complètement à la partie antérieure et à la partie postérieure du tour. L'une d'elles, située au deuxième tiers postérieur du tour, est beaucoup plus saillante que les autres. Le péristome est très grand, son contour externe est à peu près circulaire. L'ouverture est semi-lunaire. La callosité columellaire est très large et lisse, son bord interne est rectiligne, non denté. Le labre est épaissi en bourrelet.

G. GEMMELLARO a rapporté à tort cette espèce à la *N. sulcatina* Buv. En effet, les côtes spirales de l'espèce de BUVIGNIER sont presque deux fois plus nombreuses, la largeur de la coquille égale sa hauteur, tandis que dans l'espèce du Salève la hauteur est beaucoup plus faible.

Gisement. Portlandien inférieur (Grosse oolite) de la partie supérieure de la gorge de la Mule.

PILEOLUS MINUTUS Zitt.

(Pl. 26, fig. 13-15.)

1873. *Pileolus minutus*. ZITTEL, *Die Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 427, pl. 47, fig. 22-23.

Hauteur du plus grand individu.	5mm
Grand diamètre du plus grand individu	6,5
Hauteur par rapport au grand diamètre de la base.	0,7 à 0,8.

Coquille de petite taille, patelliforme, à base ovale. Le sommet, assez pointu dans les individus bien conservés, est rejeté en arrière, en déterminant un côté antérieur convexe et un côté postérieur concave. La surface est couverte de 23-26 côtes, pas très égales, assez saillantes, un peu noduleuses. Les dépressions intercostales sont arrondies, lisses ou rarement occupées par une côte secondaire qui disparaît à une grande distance du sommet. La base est légèrement concave, ovale;

elle présente une dépression marginale laissant au centre une région circulaire. L'ouverture est étroite, semi-lunaire. Le bord columellaire est rectiligne ou légèrement convexe, muni de 6 ou 7 dents.

Parmi les *Pileolus* fossiles, c'est du *P. minutus* que nos individus du Salève se rapprochent le plus. Ils en diffèrent par une taille un peu plus grande et par l'apparition de rares côtes secondaires. Ce ne sont pas là des caractères permettant de créer une nouvelle espèce. ZITTEL semble avoir commis une erreur dans les mesures qu'il donne pour son espèce : diamètre 2^{mm}, hauteur 2^{mm}, car le dessin de la planche indique au contraire pour le rapport des deux dimensions 0,74, ce qui correspond parfaitement à la moyenne donnée par nos échantillons.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, à Chavardon, au haut des Etiollets et au bas de la Grande Gorge.

Nombre d'exemplaires : 8.

SCURRIOPSIS SALEVENSIS (de Lor.)

Voir DE LORIOL. *Descr. des fossiles de l'Ool. corallienne*, p. 20, pl. B, fig. 17.

Cette espèce, dont nous n'avons pas retrouvé de nouveaux exemplaires, ayant été recueillie au bas de la Grande Gorge, appartient presque certainement au Portlandien inférieur, couche à *Matheronia salevensis.* Il se pourrait toutefois qu'elle provienne du Kimeridgien supérieur.

PATELLA MODESTA n. sp.

(Pl. 26, fig. 16.)

Grand diamètre de la base.	$10^{mm},2$
Petit diamètre de la base par rapport au grand.	0,73
Hauteur de la coquille par rapport au grand diamètre	0,36.

Coquille conique, à base subquadrangulaire-ovale, à sommet assez surbaissé, assez excentrique, droit. Face postérieure, par conséquent, passablement plus longue que l'antérieure et légèrement concave. La surface est munie de nombreuses côtes concentriques, fines, très faibles, assez irrégulières et de côtes rayonnantes nombreuses, peu saillantes, assez irrégulièrement espacées et un peu noduleuses; elles atteignent toutes le voisinage du sommet.

Cette espèce ne peut être comparée qu'à *P. haueri* Zitt. du Tithonique de Stramberg et à *P. elegans* Buv. du Rauracien de St-Mihiel. Le *P. haueri* diffère de l'espèce du Salève par sa base plus arrondie et non subquadrangulaire, par ses côtes rayonnantes dont les principales seules atteignent le sommet, et par l'absence

de côtes concentriques. *P. elegans* est très voisine de *P. modesta*, mais sa base n'est pas subquadrangulaire, ses côtes rayonnantes sont plus régulières et interrompues au passage des côtes concentriques ; en outre, la coquille n'est pas extraconique, mais conoïde.

Gisement. Portlandien inférieur, couche à *Matheronia salèvensis*, au-dessus du Coin. Musée de Genève (Collection ROCHAT).

Nombre d'exemplaires : 1.

NATICA (AMAUROPSIS) FOURNETI Guir. et Og.

(Pl. 26, fig. 17.)

Voir pour la bibliographie de l'espèce, DE LORIOL, *Etudes sur les Moll. des couches corall. de Valfin*, p. 153.

Nous rapportons à *N. fourneti* un exemplaire de *Natica* du Salève. La description qu'en donne DE LORIOL s'y rapporte assez exactement, comme aussi la fig. 10, pl. 16, quoique notre exemplaire ait la spire un peu plus aiguë et un peu extraconique.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), à Chavardon.

EUNATICINA GUIRANDI de Lor.

(Pl. 26, fig. 18-21.)

1887. *Eunaticina guirandi.* DE LORIOL, *Etudes sur les Moll. des couches corall. de Valfin*, p. 156, pl. 16, fig. 13.

Les individus de cette espèce recueillis au Salève correspondent fort bien à la description et aux figures de DE LORIOL. Nous pouvons ajouter que la variation de l'espèce se fait sentir dans la forme de la coquille, mais non dans l'ornementation. L'individu figuré par DE LORIOL se rapporte aux individus les plus globuleux qui existent au Salève, où on trouve des formes beaucoup plus élancées, l'angle spiral variant entre 65 et 85°.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 11.

Eunaticina heterostriata n. sp.

(Pl. 26, fig. 22-25.)

Longueur du plus grand individu	34mm.
Largeur » »	22mm.
Angle spiral variant entre	70 et 83°.
Angle spiral moyen	75°.

Coquille ovale, à spire conique ou un peu conoïde, assez saillante, composée de 6 tours légèrement convexes, séparés par une suture peu marquée au début, mais qui s'enfonce dans un sillon assez profond au dernier tour, chez les grands individus. Les tours sont ornés de fins filets spiraux anguleux, assez forts et inégaux près de la suture et devenant de plus en plus fins lorsqu'ils s'éloignent d'elle (fig. 25 *b*, pl. 26). Les stries d'accroissement, très fines, mais saillantes, forment un treillissage avec les ornements spiraux. Le dernier tour est grand, globuleux et dépasse de beaucoup la longueur du reste de la spire. L'ouverture est à peu près deux fois aussi haute que large, arrondie en avant, anguleuse en arrière. Le labre est tranchant, le bord columellaire est un peu épaissi en avant, très mince en arrière. Il n'y a pas de fente ombilicale.

Eunaticina heterostriata ne diffère guère par la forme de *E. guirandi;* elle a cependant une spire généralement plus aiguë. L'ornementation, par contre, est bien différente. Dans l'espèce de Guirand et Ogérien, les filets spiraux sont égaux sur toutes les parties du tour, les stries spirales qui les séparent sont ponctuées, les stries d'accroissement sont nulles. Dans notre espèce, les filets spiraux, plus forts, anguleux et inégaux vers la suture, deviennent de plus en plus fins en s'éloignant d'elle. Les stries d'accroissement, quoique fines, sont très apparentes.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 16.

Narica mortilleti (de Lor.).

(Pl. 26, fig. 26.)

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. cor.*, p. 18, pl. B, fig. 9.

Nous avons retrouvé un exemplaire de *Narica mortilleti* (de Lor.) à peu près identique au type, mais de taille un peu plus grande et à filets spiraux un peu plus inégaux.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*) au haut des Etiollets. Le type de de Loriol provient certainement du même niveau car

il a été trouvé au bas de la Grande Gorge, endroit où la couche à *Matheronia* est fossilifère.

Pseudomelania flexicostata (Zitt.).

(Pl. 27, fig. 1-3.)

1873. *Chemnitzia flexicostata.* Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 405, pl. 45, fig. 20.

Les échantillons du Salève correspondent bien à la description et à la figure de Zittel.

Par sa forme générale, cette espèce est bien voisine de *P. castor* Zitt. quoique moins allongée et à tours plus bas. *P. pollux* d'Orb. s'en rapproche aussi beaucoup, mais l'espèce du Salève a les tours plus étagés aux sutures. La forte costulation axiale de *P. flexicostata* permet de distinguer très facilement cette espèce des deux autres.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 4.

Pseudomelania calypso de Lor. (non d'Orb.)

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. cor.*, p. 14.

Nous avons retrouvé au Muséum d'histoire naturelle de Genève, l'échantillon étudié par de Loriol. Il est en mauvais état et se rapporte à l'*Oonia amygdaloides* (Zitt.) que nous allons décrire. *Pseudomelania calypso* (d'Orb.) doit donc être supprimé de la faune du Salève.

Oonia amygdaloides (Zitt).

(Pl. 27, fig. 4-10.)

1873. *Actaeonina amygdaloides.* Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 479, pl. 52, fig. 21.
1896. *Noc. gen. amygdaloides.* Cossmann, *Etudes sur les Gastr. des terr. jur., Opistobranchiata*, p. 56.
1897. *Actaeonina picteti.* Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 287, pl. 2, fig. 1, (non 2).
1897. *Actaeonina* cfr. *amygdaloïdes.* Roman, *id.* p. 287, pl. 2, fig. 3.

Coquille ovoïde-conique à diamètre atteignant les 50 à 56 centièmes de la longueur. Spire courte à 7 ou 8 tours un peu convexes, d'abord extraconique ou conique puis ensuite conoïde. Sutures peu marquées. Dernier tour très élevé atteignant les 74 à 80 centièmes de la longueur totale, muni de stries d'accroissement

assez bien marquées et courbées en forme d'S. L'ouverture atteint les 55 à 66 centièmes de la longueur totale ; elle est assez étroite, arrondie en avant, très rétrécie en arrière. Le labre est tranchant, taillé en biseau. Le bord columellaire est appliqué étroitement sur la base de la coquille ; il est un peu calleux en avant, ce qui détermine une petite dépression entre son bord externe et la base de la coquille. La columelle est assez mince, surtout si on la compare aux parois des tours qui sont très épaisses (fig. 25).

Fig. 25. — *Oonia amygdaloides*. Section axiale. Gross. × 1.

Cette espèce est très variable, ainsi que l'indiquent nos mesures et nos figures. Le type de ZITTEL correspond à nos individus les plus étroits et à spire courte.

ZITTEL avait rangé cette espèce dans le genre *Actæonina* d'Orb., mais elle n'en possède pas la forme élancée, ni la spire à gradins, ni surtout les stries d'accroissement droites. Pour nous, l'espèce possède les caractères des Pseudomelanidés, particulièrement la sinuosité du labre, et doit être placée dans le genre *Oonia*.

COSSMANN rapproche cette espèce d'*Eulima amphora* d'Orb., à cause de sa spire extraconique au début et pense même qu'il faut créer pour elle un genre nouveau dont la position systématique est incertaine. Les nombreux échantillons que nous possédons montrent qu'il ne faut pas attribuer, dans le cas particulier, une grande importance au caractère invoqué par COSSMANN, car, si en général la spire de l'espèce en question est extraconique, souvent elle est aussi parfaitement conique.

ROMAN a figuré dans ses *Recherches* pl. 2, fig. 1, sous le nom *Actaeonina picteti*, un fossile que nous croyons être l'*Oonia amygdaloides*, car la grande hauteur de son dernier tour, sa grande taille et sa forme générale, l'éloignent de l'espèce de GEMMELLARO.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), au haut des Etiollets et à Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 57.

Purpuroidea tschani Ooster.

(Pl. 27, fig. 11-12.)

1869. *Purpuroidea. tschani.* Ooster, *Le Corallien de Wimmis*, p. 25, pl. 10, fig. 1-2.
1897. » » Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 288.
1906. » » Cossmann, *Essais de paléoconchologie comparée*, 7me livr., p. 25.
1909. » sp. Remes, *Nachträge zur Fauna von Sramberger*, 8, *Ueber Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 181 [5], pl.8 [1], fig. 9.

Coquille de grande taille, assez élancée, dont l'angle spiral mesure 50 à 55°. Spire à 5 tours ornés de 9 tubercules tantôt très développés, tantôt peu saillants, déterminant, entre eux et la suture, une rampe inclinée pourvue de stries spirales bien marquées. Ces stries s'affaiblissent beaucoup dans la région occupée par les tubercules, pour redevenir très visibles sur le dernier tour jusqu'au cou. Le dernier tour atteint environ les $^{7}/_{10}$ de la longueur totale. L'ouverture n'est pas entièrement conservée; elle est arrondie en avant, rétrécie en arrière et atteint la moitié de la longueur totale.

Nos *Purpuroidea* du Salève possèdent tout à fait les mêmes proportions que *P. tschani;* la seule différence que nous ayons constatée est que nos exemplaires ont 9 tubercules au lieu de 8. Malgré cette légère différence, nous n'hésitons pas à identifier l'espèce du Salève avec celle de Wimmis.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, au haut des Etiollets et au bas du Sarrot.

Nombre d'exemplaires : 7.

Gymnocerithium (?) involvens (Zitt.).

(Pl. 28, fig. 1.)

1873. *Cerithium involvens.* Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 385, pl. 44, fig. 14-16.
1897. » » Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 293, pl. 4, fig. 1.

Nous possédons un exemplaire correspondant parfaitement à l'espèce de Zittel.

Il n'est pas possible de déterminer exactement le genre auquel cette espèce appartient, son ouverture étant inconnue. Par la forme des tours et l'ornementation, c'est de *Gymnocerithium* Cossm., qu'elle se rapproche le plus.

Gisement. Portlandien inférieur (Grosse oolite), rive droite du bas de la Grande Gorge.

Petersia salevensis n. sp.

(Pl. 28, fig. 2-4.)

Coquille turbinée, trapue, à galbe conique, à angle spiral variant entre 65 et 77°, à 8 à 9 tours convexes séparés par une dépression suturale assez marquée. Des cordons spiraux noduleux ornent les tours; les trois premiers, à partir de la suture, sont les plus forts et ne sont pas recouverts par les tours suivants; dans les dépressions qu'ils laissent entre eux se trouve un filet spiral plus fin. Des côtes axiales assez serrées existent entre le 2me et le 3me cordon spiral, déterminant entre eux des espaces quadrangulaires divisés eux-mêmes en deux rectangles par le fin filet spiral intermédiaire. Ces côtes axiales peuvent se prolonger jusqu'au 4me cordon spiral. Sur la base des tours, les cordons spiraux sont d'abord alternativement fins et épais, puis égaux vers le cou.

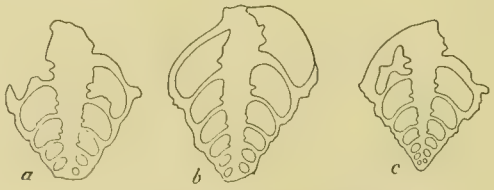


Fig. 26. — *Petersia salevensis.* Section axiale. Gross. × 1.

L'ouverture n'est pas conservée dans nos exemplaires, ce qui fait que l'on peut observer les deux plis de la columelle. L'antérieur existe tout au plus dans les deux derniers tours, le postérieur, au contraire, se remarque dans les 5 derniers (fig. 26). Chez presque tous nos individus, à une distance de trois quarts de tour de l'extrémité du bord columellaire (la partie labiale de l'ouverture ayant été détruite), le bord labial présente deux fortes saillies dentiformes, l'antérieure étant plus accusée que la postérieure. Vis-à-vis d'elles, sur le plafond du tour, se trouve un bourrelet pariétal à 3 côtes spirales.

Rapports et différences. Nos exemplaires sont fort peu variables, leur angle spiral seul n'est pas constant. L'espèce la plus voisine de notre espèce est le *P. buccinoideum* Buv. dont les différentes figures connues ne se ressemblent guère; mais sa taille est beaucoup plus faible. En outre, les figures données par Buvignier [1] montrent des filets spiraux plus nombreux et plus égaux; d'autres figures du même

[1] *Statistique géol. Meuse,* pl. 27, fig. 33-37.

auteur[1] indiquent une coquille beaucoup moins trapue. La phototypie donnée par COSSMANN[2] diffère ainsi de *P. salevensis* par sa taille plus petite, par ses cordons spiraux plus grossiers et moins nombreux; les exemplaires du Jura bernois sont également plus petits et beaucoup plus élancés.

Gisement. Portlandien inférieur, couche à *Matheronia salevensis*, au haut des Etiollets et à Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 18.

PETERSIA CORALLINA n. sp.

(Pl. 28, fig. 5.)

Espèce de grande taille, à coquille trapue, conique, à angle spiral de 60 à 65°. Tours anguleux, séparés par des sutures assez marquées, ornés de 8 à 10 gros tubercules saillants, et d'une douzaine de cordons spiraux. Parmi ces derniers, les plus saillants qui sont en même temps les plus serrés, sont situés sur la périphérie du tour, où se trouvent les tubercules. Sur la base du tour, ils sont plus espacés, moins saillants et variqueux, et s'étendent jusqu'au cou.

Ouverture à péristome épais. Labre muni d'une gouttière postérieure très accusée et d'une gouttière latérale moins profonde qui sont séparées par une callosité arrondie. Le bord columellaire, étendu, se relève dans la région du cou et forme une lame assez saillante; il vient se joindre à la partie antérieure du labre en déterminant un canal peu large, mais profond, et un bec court. La columelle est munie de deux plis qui n'existent que sur une partie du dernier tour (fig. 27); l'antérieur est très saillant, le postérieur est peu marqué, arrondi.

Fig. 27. — *Petersia corallina.* Section axiale. Gross. × 1.

Rapports et différences. Cette espèce, par ses plis columellaires peu développés, se rapproche du genre *Brachytrema.* Nous ne connaissons pas d'espèces qui puissent

[1] *Mém. Soc. philomatique Verdun*, vol. 2, pl. 6, fig. 13-15.
[2] *Essais de Paléoconchologie comparée*, livr. 7, pl. 5, fig. 15-17.

être confondues avec elle. Deux individus de petite taille se rapportent assez exactement aux grands qui nous ont servi pour la description; l'un d'eux, toutefois, ne possède point de cordons spiraux sur la base du dernier tour. Nous les considérons comme étant des jeunes.

Gisement. Portlandien inférieur, couche à *Matheronia salevensis,* au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 4.

Brachytrema filigrana n. sp.

(Pl. 28, fig. 6.)

Espèce de taille moyenne, trapue, conique, à angle spiral de 60°, à 6 tours visibles, arrondis, pourvus de tubercules verruqueux, au nombre de 9-10 par tour, très irréguliers, ne croissant pas régulièrement avec les tours, mais tantôt grands, tantôt petits. De nombreux filets spiraux, irréguliers, variqueux, ornent les tours de la suture jusqu'au cou. Ils sont sensiblement égaux sur toutes les régions des tours. L'ouverture, imparfaitement conservée, est dilatée; la gouttière postérieure est assez bien marquée, tandis que la latérale est presque nulle. Le bec antérieur, court, est creusé d'une sinuosité très accusée. Le labre est dilaté, calleux; le bord columellaire ne présente rien de particulier.

Rapports et différences. B. filigrana est voisine de *B. superba* Zitt. et pourrait être prise pour un jeune de cette dernière espèce. Elle s'en distingue par la grande irrégularité des tubercules qui ne se correspondent aucunement d'un tour à l'autre et par les filets spiraux qui sont également plus irréguliers.

B. strambergense Remes est aussi fort voisin de notre espèce; son angle spiral est cependant beaucoup plus fort, ses tubercules beaucoup plus développés, plus nombreux et plus réguliers et ils forment, par leur disposition en lignes perpendiculaires aux stries spirales, des sortes de varices qui ne se retrouvent pas dans l'espèce du Salève.

Gisement. Portlandien inférieur, couche à *Matheronia salevensis,* au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 1.

Ditretus nodosostriatus (Peters).

(Pl. 28, fig. 7-11.)

1855. *Cerithium nodosostriatum.* Peters, *Nerineen des ob. Jura,* p. 364 [31], pl. 4, fig. 6-7.
1873. — *(Eustoma) nodosostriatum.* Zittel, *die Gastropoden der stramberger Schichten,* p. 392, pl. 45, fig. 1-3.

1897. *Cerithium (Eustoma) nodosostriatum.* Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 290, pl. 2, fig. 9, 10, 11.

1906. *Diatinostoma (Ditretus) nodosostriatum.* Cossmann, *Essais de Paléoconchologie comparée*, 7me livr., p. 14.

Coquille turriculée, conique, étagée aux sutures, angle spiral variant entre 27 et 34°. Tours bas, plans, ornés immédiatement en avant de la suture d'une série de gros tubercules, au nombre de 13 à 16 par tour. En avant de cette rangée de tubercules, il existe deux cordons spiraux qui manquent parfois. La base du dernier tour est également ornée de fins cordons spiraux, quelquefois très apparents.

Ouverture ovale, à péristome épais et dilaté, non réfléchi, étalé sur le dernier tour, mais n'atteignant pas l'avant-dernier. Le péristome est pourvu, en avant, d'une échancrure très profonde et étroite, refermée au bord, donnant ainsi naissance à un canal très étroit. Le labre n'est ni bordé, ni réfléchi, il est muni d'une gouttière latérale courte, qui est séparée de la paroi du dernier tour par une forte callosité. Bord columellaire évasé et étalé sur la base du dernier tour en formant une aile courte.

Gisement. Cette espèce se trouve dans le Portlandien inférieur, soit dans la Grosse oolite (bas de la Grande Gorge), soit dans la couche à *Matheronia salevensis* (au haut des Etiollets, entre le Saut Gonet et la gorge de la Mule).

Nombre d'exemplaires : 13.

Ditretus consobrinus n. sp.

(Pl. 28, fig. 12.)

Espèce voisine de la précédente, même port général ; angle spiral plus faible, variant entre 24 et 28°. Les tubercules sont plus petits et plus nombreux (20 à 22), formant une rangée beaucoup plus nettement délimitée en avant et en arrière, car elle est supportée par un socle assez haut. Filets spiraux nombreux sur la base du dernier tour.

Ouverture inconnue, mais l'ornementation, si voisine de celle de l'espèce précédente, permet de supposer que nous avons bien affaire à une espèce du genre *Ditretus*.

Gisement. Portlandien inférieur, Grosse oolite, à la Gorge de la Mule, au pied du Sphinx, au bas de la Grande Gorge, rive droite.

Nombre d'exemplaires : 5.

Ditretus salevensis (de Lor.).

Voir de Loriol, *Description des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 16, pl. B, fig. 3.
Ajouter à la bibliographie :

1909. *Cerithium (Eustoma) salevense.* Remes, *Nachträge zur Fauna der stramberger Schichten*, 8. *Ueber Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 184 [8], pl. 9 [2], fig. 6.

Nous n'avons pas retrouvé cette espèce; mais la gangue du type permet de l'attribuer au Portlandien inférieur. Comme l'ouverture de ce Gastéropode n'est pas connue, c'est avec quelque doute que nous le rapportons au genre *Ditretus*.

Zittelia oppeli (Et.).

(Pl. 28, fig. 13-14.)

Pour la bibliographie de l'espèce voir de Loriol, *Etudes sur les Moll. des couches corall. de Valfin*, p. 62. Ajouter :

1904. *Columbellina (Zittelia) oppeli.* Cossmann, *Essais de Paléoconchologie comparée*, 6me livr., p. 112, pl. 7, fig. 7.

Nous avons comparé nos exemplaires avec de nombreux individus provenant de Valfin et nous avons constaté qu'il y a identité parfaite.

Gisement. Portlandien inférieur, couche à *Matheronia salevensis*, au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 4.

Zittelia picteti G. Gemm.

(Pl. 28, fig. 15-18.)

1869. *Zittelia picteti.* G. Gemmellaro, *Studj pal. calc. Terebr. Janitor*, part. 2, p. 87, pl. 15, fig. 4-6.
1873. *Zittelia gemmellaroi.* Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 326, pl. 40, fig. 10.
1897. *Zittelia picteti.* Roman, *Recherches statigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 287, pl. II, fig. 4.
1904. *Columbellina (Zittelia) picteti.* Cossmann, *Essais de paléoconchologie comparée*, 6me livr., p. 113.
1909. *Zittelia globosa.* Brösamlen, *Beitrag zur Kenntniss der Gastropoden des schwäbischen Jura*, p. 317, pl. 22, fig. 39.

Coquille globuleuse chez l'adulte, plus élancée chez le jeune. Spire un peu extraconique, à 5-6 tours qui s'accroissent rapidement, sont anguleux en arrière près de la suture, renflés dans la partie médiane, et ornés sur l'angle de 12 à 14 tubercules par tour. Dernier tour très grand, très renflé, couvert de 14 à 16 cordons spiraux perlés, séparés par des dépressions arrondies de même largeur. Ouverture très étroite, linéaire, presque droite chez les adultes, légèrement courbée en S chez les jeunes, terminée en avant par une gouttière profonde et étroite mais très courte, et en arrière par une gouttière analogue, profonde et oblique, surtout

chez les jeunes. Labre très épais, surtout vers le milieu, et formant une callosité lisse ; il n'est pas dilaté, ni réfléchi, sauf à la partie postérieure ; son bord interne n'est pas crénelé. Bord columellaire largement étalé, assez mince, nettement délimité chez les jeunes, confondu avec le dernier tour chez les adultes, un peu détaché en avant et beaucoup plus en arrière, dans la région des gouttières. Il n'est pas denté vers l'intérieur de l'ouverture, mais porte à sa partie antérieure la petite échancrure caractéristique des *Zittelia*.

Rapports et différences. Cette espèce ne paraît pas varier beaucoup. Les jeunes ont une forme beaucoup plus élancée que les adultes, car les derniers tours deviennent de plus en plus globuleux, leur ouverture est plus sinueuse et leur bord columellaire est détaché sur une plus grande longueur. Nous pensons que c'est pour cette espèce jeune que ZITTEL a créé *Z. gemellaroi*. *Z. globosa* Brös. ne diffère en rien de certains de nos individus un peu usés, dont les perles des cordons ont disparu.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), haut des Etiollets et Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 25.

NERINEA BINODOSA Et.

(Pl. 28, fig. 21.)

Pour la bibliographie de l'espèce, voir COSSMANN, *Contribution à la pal. française des terr. jur. Nérinées*, p. 48.

Nous avons recueilli un exemplaire parfaitement conservé que nous rapportons à *N. binodosa*. Nous l'avons, en effet, comparé aux exemplaires de cette espèce, de Valfin, qui appartiennent au Musée de Genève et nous n'avons pas constaté de différences.

Gisement. Portlandien inférieur (Grosse oolite), au haut de la gorge de la Mule.

NERINEA ROBUSTA n. sp.

(Pl. 28, fig. 19-20.)

Angle spiral	13-18°.
Diamètre du plus grand individu	43mm.
Longueur probable	170mm.

Coquille de grande taille, conique. Tours profondément évidés, dont la hauteur ne dépasse pas la moitié de la largeur, prise dans l'évidement ; ils sont séparés par un très gros bourrelet tuberculeux divisé par la suture en deux parties inégales. La

partie antérieure est très large et atteint presque la moitié de la hauteur du tour; elle est munie de gros tubercules peu saillants. La partie postérieure du bourrelet est plus étroite, garnie de tubercules plus petits mais plus distincts et plus nombreux. La saillie de la partie postérieure du bourrelet est beaucoup plus accusée que celle de la partie antérieure. La partie évidée des tours est pourvue de 3 à 4 cordonnets spiraux perlés, très peu accusés. La base du dernier tour est munie de deux côtes spirales peu marquées divisant le rayon de cette base en 3 parties à peu près égales.

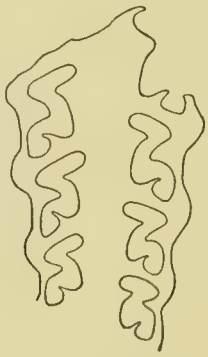


Fig. 28. — *Nerinea robusta*. Section axiale. Gross. × 1.

Ouverture inconnue. La columelle est très épaisse et atteint presque le tiers de la largeur du tour (prise dans l'évidement). Le pli du labre est très robuste, le pli columellaire est moins fort, le pli pariétal est mince, recourbé vers l'extérieur et situé très en arrière (fig. 28).

Rapports et différences. Cette espèce est assurément voisine de *N. binodosa* Et., mais ses tours sont beaucoup plus évidés et le bourrelet sutural est beaucoup plus puissant.

Gisement. Surtout abondante dans la Grosse oolite du Portlandien inférieur; au haut de la gorge de la Mule; au pied du Sphinx; au bas de la Grande Gorge, rive droite; au bas de l'Evorse. Plus rare dans la couche à *Matheronia salevensis;* au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 16.

Nerinea jeanjeani Roman.

(Pl. 28, fig. 22, 23.)

1897. *Nerinea jeanjeani.* Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc,* p. 299, pl. 3, fig. 7, et pl. 5, fig. 1-2.
1898. *Nerinea jeanjeani.* Cossmann, *Contrib. à la pal. française des terr. jur., Nérinées,* p. 53, pl. 13, fig. 10 et 17.

Nérinée de grande taille, allongée, turriculée, à angle spiral de 11 à 13°. Tours assez fortement excavés, surtout vers la base ; leur hauteur atteint environ les $^{7}/_{10}$ de la largeur. L'ornementation comprend à partir de la suture vers l'arrière : 1° un bourrelet assez accusé, à 12-18 tubercules arrondis ; 2° 5 à 6 cordons spiraux, à peine tuberculeux, parfois le 3me est un peu plus saillant que les autres ; 3° un bourrelet postérieur, moins saillant que l'antérieur, mais plus épais, très indistinctement tuberculé. Base du dernier tour ornée d'une dizaine de filets spiraux non tuberculés, ne s'étendant pas sur le bec.

Fig. 29. — *Nerinea jeanjeani.* Section axiale. Gross. × 1.

Ouverture subrhomboïdale, à bec assez développé. Parmi les 3 plis, celui du labre est le mieux développé ; le pli pariétal, au contraire, est de plus petite taille mais plus aigu (fig. 29).

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, au bas de la Grande Gorge et à Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 7.

Nerinea salevensis de Lor.

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne,* p. 12, pl. A, fig. 15.
Ajouter à la synonymie :

1869. *Nerinea salevensis.* Oster, *Le corallien de Wimmis,* p. 11, pl. 3, fig. 14.

Cette espèce que nous n'avons pas retrouvée provient de la Grande Gorge, de la Grosse oolite du Portlandien inférieur.

Nerinea hoheneggeri Peters.

(Pl. 29, fig. 1-5.)

Longueur probable du plus grand individu. 20cm
Angle spiral : 7-9°, pouvant atteindre 12° chez les jeunes.

1855. *Nerinea hoheneggeri.* Peters, *Nerineen des oberen Jura*, p. 24, pl. 3, fig. 1-2.
1869. — — G. Gemmellaro, *Studj pal. calc. Terebr. Janitor*, part. 2, p. 30, pl. 5, fig. 6-7.
1869. *Nerinea hoheneggeri.* Ooster, *Le Corallien de Wimmis*, p. 13, pl. 5, fig. 7-8.
1873. — — Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 251, pl. 42, fig. 8-10.
1901. — — Geiger, *Die Nerineen des schwäbischen Jura*, p. 288.
1909. — — Remes, *Nachträge zur Fauna von Stramberg*; 8, *Ueber Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 182 [6].
1911. *Nerinea hoheneggeri.* Blaschke, *Zur Tithonfauna von Stramberg*, p. 164.

Espèce de grande taille, étroite, aciculée, conique. Tours non ou à peine étagés, dont la hauteur atteint les $^{7}/_{10}$ ou les $^{3}/_{4}$ de la hauteur ; ils sont légèrement convexes au milieu, très peu excavés en avant et en arrière du bourrelet sutural. On observe les ornements suivants à partir de la suture en arrière : 1° un bourrelet assez peu saillant muni de tubercules hémisphériques ; 2° six cordons spiraux plus ou moins perlés, le 4me plus fort et plus tuberculé que les autres ; 3° un bourrelet lisse bordant la suture ; il est assez large et accusé et présente au sommet de sa convexité une ligne spirale très fine délimitant, avec la suture, la bande sinusale. Dernier tour muni sur sa région basale d'une dizaine de filets spiraux non tuberculés. Ouverture rhomboïdale, terminée par un bec moyen et oblique. Pli du labre très robuste, épais, pli columellaire moyennement développé, pli pariétal, mince, saillant, dirigé en dehors (fig. 30).

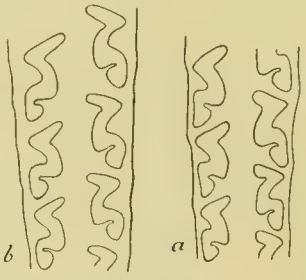


Fig. 30. — *Nerinea hoheneggeri.* Section axiale. Gross. × 1. — *a*, couche à *Matheronia salevensis*, bas de la Grande Gorge ; *b*, Grosse oolite, gorge de la Mule.

Observations. Il existe deux formes de *N. hoheneggeri* au Salève :

a) L'une qui se trouve dans la couche à *Matheronia salevensis* (pl. 29, fig. 1),

a ses cordons spiraux plus étroits, séparés par des dépressions larges et à fond arrondi ;

b) L'autre (pl. 29, fig. 2-5), abondante dans la Grosse oolite du Portlandien inférieur, a ses cordons spiraux contigus ou presque, de sorte que les dépressions qui les séparent sont plus étroites et ont un fond plus aigu.

Nos échantillons répondent assez bien à la diagnose donnée par PETERS et complétée par ZITTEL. Cependant, ces deux auteurs donnent un angle spiral de 13 à 15°. Nous n'avons constaté, chez nos exemplaires adultes, que 8 à 9°, chez un très grand exemplaire, seulement 7°. Chez les jeunes, cet angle atteint 12°. Les chiffres donnés par ZITTEL et PETERS ne correspondent du reste pas du tout aux angles des figures qu'ils donnent. Les figures de PETERS accusent un angle de 9°, celles de ZITTEL aussi, sauf la fig. 10, représentant un jeune individu, où cet angle mesure 12°. Nous ne pensons donc pas que la différence entre nos individus et ceux de Stramberg soit réelle; l'angle spiral indiqué dans les diagnoses a probablement été mesuré sur des exemplaires jeunes. Les individus de Sicile, par contre, sont tout à fait identiques à ceux du Salève.

Gisement. Portlandien inférieur; forme *a)*, dans la couche *Matheronia salevensis* au bas de la Grande Gorge; forme *b)*, dans la Grosse oolite, au haut de la gorge de la Mule, près du Saut Gonet, bas de la Grande Gorge.

Nombre d'exemplaires : 25 de la forme *a)*, 40 de la forme *b)*.

NERINEA GRATA n. sp.

(Pl. 29, fig. 6.)

Angle spiral	9°
Longueur approximative du plus grand individu	9cm.

Coquille de taille moyenne, de forme turriculée, étroite, conique. Tours peu étagés, un peu évidés à leur partie antérieure; leur hauteur égale les $^7/_{10}$ de leur largeur; ils sont séparés par une suture linéaire. L'ornementation comprend à partir de la suture vers l'arrière : 1° un bourrelet tuberculé antérieur peu saillant. 2° cinq cordons spiraux; le premier, adjacent au bourrelet antérieur, est assez fortement perlé; le second, très faible, non ou presque pas perlé, se trouve au fond de l'évidement antérieur des tours; le troisième est le plus saillant, perlé, situé au milieu des tours; les deux derniers sont perlés, mais peu accusés. 3° un bourrelet postérieur peu accusé, lisse ou à peine tuberculé. Le pli du labre est fort, épais, le pli columellaire obtus, le pli pariétal aigu, recourbé en dehors.

Cette espèce est voisine de *N. koheneggeri* dont elle possède à peu près le

mode d'ornementation; elle a cependant des tours plus nettement étagés, et son ornementation, qui est beaucoup plus atténuée, lui donne un aspect tout différent. Il ne s'agit pas ici d'un effet de l'usure, l'échantillon que nous figurons est d'une parfaite conservation.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, à Chavardon et au bas de la Grande Gorge.

Nombre d'exemplaires : 3.

Nerinea paucicostata n. sp.

(Pl. 29, fig. 7-8.)

Angle spiral	7 à 8°.
Longueur approximative du plus grand individu	9cm.

Espèce de taille moyenne, très étroite, conique. Tours non étagés, un peu évidés à leur partie antérieure, dont la hauteur atteint les $^3/_4$ de la largeur, séparés

Fig. 31. — *Nerinea paucicostata.* Section axiale du type figuré pl. 29, fig. 8. Gross. × 2.

par des sutures linéaires. L'ornementation consiste, à partir de la suture vers l'arrière, en un bourrelet tuberculé peu saillant, un filet spiral légèrement perlé, situé au fond de l'évidement de la partie antérieure du tour, un cordon perlé faisant saillie au milieu du tour, un filet spiral non ou à peine perlé et enfin le bourrelet postérieur, lisse, peu saillant. Columelle assez mince, pli du labre fort, pli columellaire situé très en avant, plus faible, pli pariétal aigu, courbé vers l'extérieur.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, au bas de la Grande Gorge.

Nombre d'exemplaires : 2.

Nerinea thurmanni Et.

(Pl. 29, fig. 9.)

Pour la bibliographie, voir Cossmann, *Contribution à la pal. française des terr. jur., Nérinées*, p. 42.

Nous ne répéterons pas les descriptions de de Loriol et Cossmann. Nous pouvons cependant les compléter un peu à l'aide de 3 individus du Salève dont la section montre que le pli du labre fait défaut ou n'est représenté que par un faible épaississement du test. Il s'ensuit que l'individu rapporté à *N. thurmanni* par Geiger (*Die Nerineen des schwäbischen Jura*, p. 287) n'a pas de rapport avec l'espèce d'Etallon.

Gisement. Portlandien inférieur (Grosse oolite).

Nombre d'exemplaires : 1, appartenant au Muséum de Genève, recueilli au-dessus du Coin ; 2 du Musée de Lausanne (Coll. Renevier), provenant du pied de la Varappe.

Nerinea(?) dilatata d'Orb.

(Pl. 30, fig. 19-21.)

1850. *Nerinea dilatata.* d'Orbigny, *Pal. fr. Terr. jur.*, vol. 2, p. 146, pl. 278, fig. 1-3.
1859. — — Etallon, *Etudes pal. sur le Haut Jura, Corallien*, t. 2, p. 29.
1873. — — Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 366.
1888. — — de Loriol, *Etudes sur les Mollusques des couches corall. de Valfin*, p. 87.
1898. *Ptygmatis costulata.* (p. p.), Cossmann, *Contribution à la pal. française des terr. jur., Gastropodes : Nérinées*, p. 82, pl. 7, fig. 6 et 8 (non 7).

Coquille conique ou faiblement extraconique, à ombilic assez large. Angle spiral très variable, atteignant, suivant les individus, 18 à 26°. La hauteur des tours

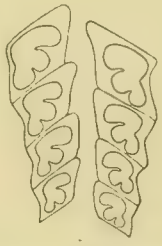


Fig. 32. — *Nerinea? dilatata.* Section axiale. Gross. × 1 ½.

est également variable; elle atteint, dans les exemplaires à petit angle spiral, les $^3/_5$ de la largeur et les $^2/_5$ seulement dans ceux à angle très ouvert. Les tours sont fortement excavés, carénés en avant; chez les jeunes, le bourrelet antérieur est

muni de 7 à 8 tubercules se continuant par des côtes axiales jusqu'au bourrelet postérieur. Ces côtes, déterminent 7 ou 8 dépressions par tour, très nettement indiquées. En outre 4 filets spiraux non perlés ornent la surface des tours; ils sont un peu plus marqués et ils s'élargissent en passant sur les côtes axiales. Chez les adultes, l'ornementation spirale et les tubercules disparaissent complètement et les tours sont lisses. L'ouverture est inconnue. Le pli du labre est très peu accusé, le pli columellaire est très saillant, le pli pariétal est moins développé que le précédent (fig. 32).

Observations. Cette espèce est intéressante; elle fait partie, avec quelques espèces jurassiques comme *Nerinea wrosinskiana* Zeuschn. et quelques espèces crétacées comme *N. marcousana* d'Orb. et *N. valdensis* P. et C., d'un groupe de Nérinéidés ayant une plication identique à celle de *Nerinea* s. str. mais un ombilic très développé et une ornementation soit très particulière, soit nulle, qui l'éloigne de ce dernier genre.

Cossmann *(loc cit.)* a réuni à tort *N. dilatata* d'Orb. et *Ptygmatis costulata* (Et.). Ces deux espèces sont fondamentalement différentes et appartiennent à deux genres différents. *N. dilatata,* comme nous l'avons vu, ne possède que les 3 plis caractéristiques du genre *Nerinea,* tandis que l'espèce d'Etallon en a 5. La forme générale et l'ornementation de ces deux espèces sont en outre toutes différentes.

La figure de d'Orbigny (loc. cit.) est exacte pour la forme générale et pour la section. Le célèbre paléontologiste, par contre, n'a pas signalé l'ornementation particulière des premiers tours. Il avait probablement à sa disposition de grands individus dont le commencement de la spire était usé. Les exemplaires du gisement d'Oyonnax qui a fourni le type, tant celui figuré par Cossmann, pl. 7, fig. 8, que celui que nous avons examiné au Musée de Genève, montrent l'ornementation caractéristique que nous avons signalée.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis,* du Portlandien inférieur, haut des Etiollets et Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 7.

Nerinea (?) sphinxi n. sp.

(Pl. 32, fig. 6-7.)

Espèce de petite taille, pupoïde, non ombiliquée, composée de 10 tours lisses, fortement excavés, surtout dans la partie moyenne de la coquille qui est la plus large. La ligne de suture est ondulée; elle est supportée par un bourrelet sutural très saillant, ondulé, qui a de ce fait une apparence tuberculée. Le rapport entre la

hauteur et la largeur des tours est variable chez le même individu ; il est de 0,33 vers le milieu de la spire, tandis que dans les 2 derniers tours il atteint 0,42 à 0,44. Ouverture inconnue. Columelle atteignant le tiers ou presque du diamètre de la coquille. Il existe un très grand pli pariétal, très saillant, mince, dirigé en dehors et un petit pli columellaire placé très en avant. Pas de pli au labre (fig. 33 *a* et *b*).

Fig. 33. — *Nerinea (?) sphinxi. a)* section axiale d'un jeune individu. *b)* section de l'individu figuré pl. 32, fig. 7. Gross. × 2 ½.

Observations. Nous sommes un peu embarrassé pour placer cette espèce dans un des genres connus de Nérinéidés. Par l'absence d'ombilic, elle pourrait se rapprocher de *Nerinea,* mais par sa plication et par sa forme pupoïde, elle en diffère sensiblement. La plication de notre nouvelle espèce rappelle celle de *Cryptoplocus ;* en effet, la disposition du pli pariétal est la même que dans ce dernier genre, mais l'analogie cesse pour les caractères tirés de l'ombilic et de la forme générale. Il serait peut-être bon de créer une nouvelle coupure générique pour cette espèce et quelques autres voisines comme *N. conoidea* Peters et *N. crispa* Zeuschn.

Gisement. Portlandien inférieur (Grosse oolite), au haut de la gorge de la Mule et au pied du Sphinx.

Nombre d'exemplaires : 6.

Phaneroptyxis moreana (d'Orb.).

(Pl. 29, fig. 10.)

Pour la bibliographie de l'espèce, voir Cossmann, *Contribution à la pal. française des terr. jur., Nérinées,* p. 14. Il faut retrancher la citation de Roman qui se rapporte à *P. rugifera.* et ajouter :

1866. *Nerinea moreana.* de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. cor.,* p. 11.
1907. *Itieria moreana.* Deninger, *Die mesozoischen Formationen auf Sardinien,* p. 465, pl. 15, fig. 4, *a, b.*

Cette espèce est représentée au Salève par des individus à test un peu plus épais et à tubercules un peu plus grossiers que chez les formes rauraciennes et séquaniennes, mais ces différences sont bien peu sensibles.

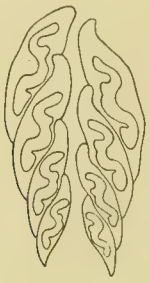


Fig. 34. — *Phaneroptyxis moreana*, section axiale, gross. × 1. Portlandien inférieur du Salève.

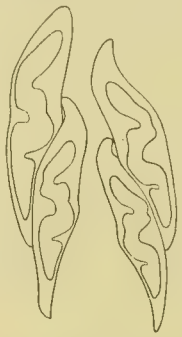


Fig. 35. — *Phaneroptyxis moreana*, section axiale, gross. × 1. Rauracien de Merry sur Yonne.

La section des tours de nos exemplaires du Salève (fig. 34), comme aussi de ceux de Sicile et de Kelheim, diffère notablement de celle donnée par D'ORBIGNY (pl. 257, fig. 2) dans laquelle, entre autres, le pli columellaire postérieur n'est pas indiqué. Nous étions donc tenté de créer une nouvelle espèce pour les formes portlandiennes, mais, ayant fait une section de *P. moreana* du Rauracien de Merry sur Yonne, nous avons constaté que c'est la section dessinée par D'ORBIGNY qui ne correspond pas à la réalité et que les premiers représentants de cette espèce ont une plication identique à celle des individus portlandiens. Nous pensons bien faire en donnant le dessin exact que nous avons fait de cette section (fig. 35), d'autant plus que c'est un *P. moreana* de ce gisement de Merry sur Yonne qui a servi à COSSMANN pour établir la diagnose de son nouveau genre *Phaneroptyxis*.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis* et Grosse oolite), au bas de la Grande Gorge, au pied du Sphinx, au-dessus de Bossey.

Nombre d'exemplaires : 7 dont 4 appartiennent au Muséum de Genève.

PHANEROPTYXIS RUGIFERA (Zitt.).

(Pl. 30, fig. 1.)

? 1863. *Itieria ovalis.* G. GEMMELLARO, *Monografia del genere Itieria*, p. 7. pl. 1, fig. 1.
1869. *Nerinea moreana.* OOSTER, *Le Corallien de Wimmis*, p. 6, pl. 10, fig. 3.

1873. *Itieria rugifera.* Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 340, pl. 41, fig. 1-3.
1897. — n. sp. Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 293, pl. 3, fig. 5.
1902. — *rugifera.* Broili, *Ueber die Fauna der Orbitolinen führenden Schichten der untersten Kreide in der Krim*, p. 609, pl. 1, fig. 4.

Espèce de grande taille, ovale-allongée. Spire à allongement variable, courte, conoïde. Tours fortement embrassants, peu convexes, dont la largeur atteint la moitié de la hauteur. Suture assez accusée. La partie postérieure des tours est munie de 7 à 8 renflements très obsolètes. Dernier tour subcylindrique, très grand et très haut, atteignant dans nos échantillons les $^5/_7$ de la longueur totale. Ouverture très étroite, canaliculée en arrière, non conservée en avant. La coquille n'est pas ombiliquée. Pli labial très peu accusé, un pli columellaire peu saillant et un pli pariétal un peu plus épais et plus long que le précédent (fig. 36).

Fig. 36. — *Phaneroptyxis rugifera*, section axiale. Gross. × 1.

Observations. Cette curieuse forme qui, par l'ensemble de ses caractères, appartient au genre *Phaneroptyxis* Cossm., s'en distingue par l'absence d'ombilic.

Il est probable que cette espèce devra changer de nom. G. Gemmellaro *(loc. cit.)*, a décrit avant Zittel un *Phaneroptyxis (P. ovalis)* qui, pour nous, est identique à *P. rugifera.* Mais le paléontologiste sicilien dit, dans sa diagnose, que la coquille est ombiliquée. Nous sommes convaincu qu'il s'agit là d'une erreur d'observation. Comme nous n'avons pas eu le type de G. Gemmellaro entre les mains, nous laissons provisoirement à l'espèce le nom que Zittel lui a donné.

Le *Phaneroptyxis* que Roman a figuré dans ses *Recherches* (pl. 3, fig. 5) n'est autre que le *P. rugifera ;* il en possède la plication si typique et il n'a pas d'ombilic. Il est difficile, par le seul caractère de l'allongement de la spire, de créer des espèces dans le genre de *Phaneroptyxis.* De nombreux exemples montrent combien est grande, dans le cas particulier, la variabilité de ce caractère.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), au haut des Etiollets et à Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 2

Phaneroptyxis staszycii (Zeuschn.) var. typica (Zitt.).

(Pl. 30, fig. 15-16.)

1849. *Acteon staszyčii*, Zeuschner, *Geogn. Beschreibung des Nerineenkalkes von Inwald und Roczyny*, p. 7, pl. 17, fig. 16-19.
1873. *Itieria staszycii*, var. *typica*. Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 342, pl. 40, fig. 19-23.

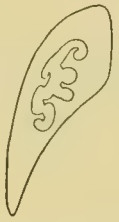


Fig. 37. — *Phaneroptyxis staszycii* var. *proboscidea*. Section axiale, 8e tour. Gross. × 3.

Trois *Phaneroptyxis* du Salève se rapportent assez exactement à l'exemplaire figuré par Zittel; l'angle spiral, les proportions relatives sont les mêmes. La section des tours (fig. 37) présente une grande analogie avec les exemplaires de Stramberg.

Gisement. Portlandien inférieur (Grosse oolite), au haut de la gorge de la Mule.

Phaneroptyxis staszycii (Zeuschn.) var. helvetica (Zitt.) et var. proboscidea Cossm.

(Pl. 30, fig. 2 à 13.)

1873. *Itieria staszycii* var. *helvetica*. Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 343, pl. 40, fig. 25, 26, 27.
1898. *Phaneroptyxis proboscidea*. Cossmann, *Contribution à la pal. française des terr. jurassiques; Nérinées*, p. 21, pl. 1, fig. 21-22.

Les *Phaneroptyxis*, grâce à leur extrême variabilité, sont parfois fort embarrassants. Nous avons recueilli une série d'individus de ce genre appartenant sans doute à la même espèce, dont nous figurons quelques exemplaires. Les deux formes extrêmes, reliées par des intermédiaires, sont très différentes. L'une représentée par les figures 12, 13, 8, 7, se rapporte exactement à *P. staszycii* var *helvetica*, elle passe insensiblement à l'autre (fig. 2, 3, 4), qui rappelle tout à fait *P. proboscidea*. Ces formes ont les caractères généraux suivants: dernier tour subglobuleux, un

peu moins ou un peu plus large que haut. Spire généralement extraconique, parfois conique ou faiblement conoïde, à angle extrêmement variable (40-65°). En général, les tours sont lisses, cependant quelques individus portent près de la suture une rangée d'une douzaine de renflements vaguement indiqués. La section des tours, faite au 8-9me tour, montre (fig. 38-39): 2 plis au labre, simples, minces; 2 plis à la columelle, l'antérieur très saillant, étranglé à sa base, en forme de T, le postérieur mince, mais presque aussi saillant; un pli pariétal épais terminé en arrière par une apophyse aiguë.

Fig. 38. — *Phaneroptyxis staszycii* var. *proboscidea*. Section axiale, 8e tour. Gross. × 3.

Fig. 39. — *Phaneroptyxis staszycii* var. *helvetica*. Section axiale, 9e tour. Gross. × 2 1/2.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis* et Grosse oolite), à Chavardon, au haut des Etiollets, à la partie supérieure de la gorge de la Mule.

Nombre d'exemplaires : 37.

Phaneroptyxis nogreti Guir. et Og.

(Pl. 29, fig. 18.)

Pour la bibliographie de l'espèce, voir Cossmann, *Contribution à la pal. française des terr. jur., Nérinées*, p. 23.

Nous rapportons au *P. nogreti* un petit exemplaire de *Phaneroptyxis* de forme ovoïde-conique, à spire moyennement allongée, à tours étagés possédant à leur partie postérieure une carène assez développée.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), à Chavardon.

Phaneroptyxis multicoronata (Zitt.).

(Pl. 29, fig. 19-20.)

1873. *Itieria multicoronata.* Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten*, p. 346, pl. 40, fig. 29, 30.

Nous rapportons au *P. multicoronata* 2 exemplaires du Salève dont l'un (pl. 29, fig. 20) est intermédiaire entre les deux types figurés par Zittel. Les plis

du labre et de la columelle sont un peu plus robustes chez les échantillons de Stramberg (fig. 40).

Fig. 40. — *Phaneroptyxis multicoronata.* Section axiale, 11e tour. Gross. × 3

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), au haut des Etiollets et à Chavardon.

Phaneroptyxis renevieri de Lor.

(Pl. 29, fig. 11-17.)

1866. *Itieria renevieri.* de Loriol, *Descr. des fossiles de l'Ool. corallienne,* p. 13, pl. A. fig. 11-12.
1873. — — Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten,* p. 343, pl. 40, fig. 28.

Espèce de petite taille à longueur maximale de 29mm. Forme très trapue, spire courte ou très courte, extraconique. Onze tours au moins, très embrassants, munis à leur partie postérieure d'une carène très tranchante et très développée, recourbée vers l'extérieur, ce qui fait que la suture est au fond d'un canal profond.

L'enroulement est irrégulier et surtout très variable. Tantôt les tours se recouvrent très fortement, l'angle spiral atteint alors 120°, tantôt, au contraire, ils sont beaucoup plus apparents, l'angle spiral peut alors s'abaisser jusqu'à 65°. La hauteur du dernier tour est, par conséquent, très variable ; elle atteint, chez les individus à spire très surbaissée, jusqu'aux $^{8}/_{9}$ de la longueur totale, et les $^{2}/_{3}$ seulement chez les formes à spire longue. Ce dernier tour, cylindrique dans sa partie moyenne, s'arrondit à la partie antérieure, tandis qu'il s'évase en arrière pour former la carène postérieure. Il est creusé d'un ombilic assez large. L'ouverture n'est jamais complètement conservée ; elle devait être anguleuse en arrière, comme aussi en avant, l'angle antérieur correspondant à la carène qui borde l'ombilic. Sur la section des tours (fig. 41-42), on remarque deux plis peu accusés au labre. Le pli columellaire antérieur est épais, anguleux, étranglé à sa base ; le pli columellaire postérieur est beaucoup plus faible. Le pli pariétal est un peu plus volumineux que le précédent.

Observations. Les deux échantillons qui ont servi à de Loriol pour établir

son espèce sont très usés ; c'est pourquoi nous avons jugé bon de reprendre la description de ce *Phaneroptyxis* à l'aide d'échantillons bien conservés que nous avons recueillis. Parmi ces deux types, l'un (pl. A, fig. 11, *a, b, c*), appartient au Portlandien inférieur, l'autre (pl. A, fig. 12) à l'Infravalanginien à *Heterodiceras luci.*

Fig. 41. — *Phaneroptyxis renevieri.* Section axiale. Gross. × 1 1/2.

Fig. 42. — *Phaneroptyxis renevieri.* Section axiale, 8e tour. Gross. 3 1/2.

Ce dernier est si mal conservé qu'il n'est pas possible de savoir exactement s'il appartient à la même espèce que le premier. Dans ces circonstances, il est nécessaire de ne reconnaître, comme type du *P. Renevieri,* que l'individu représenté par la figure 11 *a. b. c.,* lequel correspond sûrement à ceux que nous avons décrits ci-dessus à nouveau.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis),* haut des Etiollets, bas de la Grande Gorge, Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 30.

Itieria cabanetiana (d'Orb.) var. globosa n. var.

(Pl. 29, fig. 21 ; pl. 30, fig. 17-18.)

Pour la bibliographie de l'espèce, voir Cossmann, *Contribution à la pal. française des terr. jur., Nérinées,* p. 12. Il faut retrancher la citation de Herbich, 1886 et ajouter :

1863. *Itieria nebrodensis.* G. Gemmellaro, *Monografia del genere Itieria,* p. 8, pl. 1, fig. 2.
1874. *Itieria cabanetiana.* de Tribolet, *Notes sur les Nérinées,* p. 166.
1907. — — Deninger, *Die mesozoischen Formationen auf Sardinien,* p. 466.
1909. — — Remes, *Nachträge zur Fauna von Stramberg ;* 8, *Ueber Gastropoden der stramberger Schichten,* p. 182 [6], pl. 9 [2], fig. 1-2.

Cossmann a décrit si complètement la forme extérieure d'*I. cabanetiana* à tous les âges qu'il est inutile d'y revenir ici. Nous ne sommes cependant pas d'accord avec l'éminent paléontologiste quant aux plis intraombilicaux signalés par Mathe-

RON. Trois sections d'individus du Salève (fig. 43) présentent les plis en question d'une manière très accentuée, de sorte que la figure de D'ORBIGNY est d'une exactitude parfaite. Pensant que peut-être les individus rauraciens différaient de ceux des étages plus récents par le manque de ces plis intraombilicaux, nous avons fait une section d'un individu du Muséum de Genève et provenant du Rauracien de Merry-sur-Yonne. Cette section ne diffère pas de celle de D'ORBIGNY.

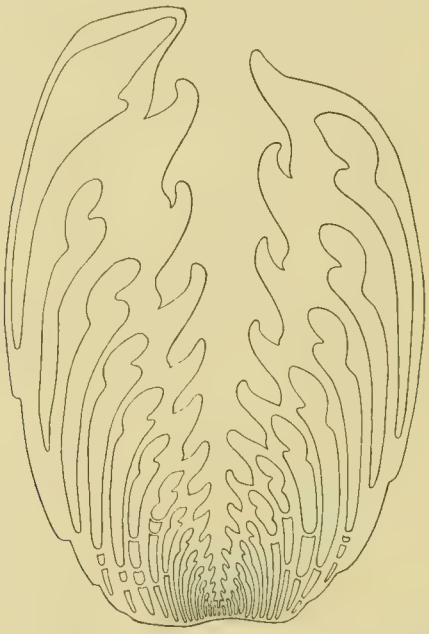


Fig. 43. — *Itieria cabanetiana* var. *globosa*. Section axiale. Gross. × 1.

Tous les individus que nous avons recueillis au Salève, au nombre de 20, sont à taille égale, plus globuleux que ceux du Ptérocérien et du Rauracien (comparer, par exemple, notre fig. 17, pl. 30, avec la fig. 3, pl. 256 de D'ORBIGNY); de plus, ils atteignent une taille plus considérable. Nous donnons le nom de *globosa* à cette variété du Salève.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis* du Portlandien inférieur, au haut des Etiollets, à Chavardon, au pied de l'escarpement du Salève sous le Sarrot.

Nombre d'exemplaires : 20.

Ptygmatis meneghini (G. Gemm.).

(Pl. 31, fig. 4-13.)

1865. *Nerinea meneghini.* G. Gemmellaro, *Nerinee della ciaca dei dintorni di Palermo,* p. 7, pl. 1, fig. 8-12.
1869. *Nerinea meneghini.* G. Gemmellaro, *Studj pal. calc. Terebr. Janitor,* part. 2, p. 18.
1873. — — Zittel, *Die Gastropoden der stramberger Schichten,* p. 350 et 354.
1878. *Ptygmatis* — Pirona, *Sulla fauna fossile giurese del Monte Cavallo,* p. 22, pl. 4, fig. 1
1886. — — Herbich, *Palaeontologische Studien über die Kalkklippen des Siebenburgischen Erzgebirges,* p. 40, pl. 3, fig. 12-13, 16-17, pl. 5, fig. 1-5.

Espèce de grande taille; le plus grand individu que nous connaissons devait atteindre 15^{cm} de longueur. Spire polymorphe, d'abord styloïde dans les premiers tours (fig. 9-10, pl. 31), puis conoïde, et enfin plus ou moins extraconique dans les derniers tours. Angle spiral de la dernière partie (extraconique) variant entre 13 et 15°, quelques individus à derniers tours fortement extraconiques (fig. 11, pl. 31) atteignent jusqu'à 18°. Tours plans ou parfois très légèrement excavés, ou même, dans les derniers tours, chez des individus adultes, très légèrement convexes. En arrière de la suture, ils présentent un faible bourrelet nettement délimité du côté postérieur par une très faible dépression (fig. 6 et 8, pl. 31); ils sont lisses ou munis de fines stries d'accroissement, leur hauteur atteint 35 à 40 centièmes de leur largeur. Chez les individus parfaitement conservés, la bande suturale, fort étroite, est visible (fig. 6 et 8, pl. 31). Dernier tour anguleux à la périphérie de la

Fig. 44. — *Ptygmatis meneghini.* Section axiale. Gross. × 1. Couche à *Matheronia salevensis.*

Fig. 45. — *Ptygmatis meneghini.* Section axiale. Gross. × 1. Grosse oolite.

base qui est lisse et en général pourvue d'une faible dépression circaombilicale. Ombilic très étroit chez les jeunes, mais s'évasant chez les adultes. Plication compliquée, analogue à celle de *P. pseudobruntrutana.* Nous la figurons plutôt que de la décrire (fig. 44 et 45).

Rapports et différences. Cette espèce est très voisine du *P. bruntrutana* Thurm., mais il est facile de la reconnaître au polymorphisme de sa spire. Tandis que tous les auteurs qui ont parlé de *P. bruntrutana* ont reconnu à cette espèce une spire régulièrement conique ou conoïde dans les derniers tours, nos individus, au nombre d'une quarantaine, sont tous plus ou moins extraconiques. Le sommet styloïde puis conoïde de la coquille est aussi très typique.

G. GEMMELLARO, qui a créé l'espèce, n'avait à sa disposition que des individus roulés. C'est ce qui lui a fait dire que le dernier tour était arrondi à la périphérie de

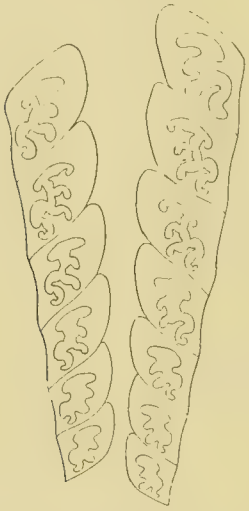


Fig. 46. — *Ptygmatis pseudobruntrutana.* Section axiale. Gross. × 1. Grand exemplaire à ombilic très large.

Fig. 47. — *Ptygmatis pseudobruntrutana.* Section axiale. Gross. × 1.

sa base. Dans la couche du Portlandien inférieur, que nous avons appelée Grosse oolite, où les fossiles sont en général roulés, nous avons trouvé des *Ptygmatis* se rapportant exactement aux figures de GEMMELLARO (fig. 12 et 13, pl. 31), mais, grâce à la bonne conservation de cette espèce dans la couche à *Matheronia salevensis,* nous avons pu compléter la diagnose du paléontologiste sicilien.

Gisement. Portlandien inférieur, soit dans la Grosse oolite (Saut Gonet, gorge de la Mule, bas de l'Evorse), soit dans la couche à *Matheronia salevensis* (haut des Etiollets, Chavardon, bas de la Grande Gorge).

Nombre d'exemplaires : 45.

Ptygmatis pseudobruntrutana (G. Gemm.).

(Pl. 31, fig. 14-16.)

Pour la bibliographie de l'espèce, voir Cossmann, *Contribution à la pal. française des terr. jur. Nérinées*, p. 75.

Nous possédons un certain nombre de *Ptygmatis* qui correspondent parfaitement à la diagnose de Gemmellaro. D'autres ont un angle spiral plus grand, atteignant jusqu'à 18° ; d'autres encore ne sont pupoïdes que jusqu'à une certaine taille puis deviennent coniques et même un peu extraconiques. Malgré ces différences, nous n'hésitons pas à les attribuer tous à l'espèce de Gemmellaro. Nous avons encore constaté que, chez les individus très adultes, l'ombilic s'évase considérablement, jusqu'à atteindre le $^1/_3$ de la largeur du tour. La plication est très compliquée et un peu variable dans les détails (fig. 46 et 47).

Gisement. Portlandien inférieur (Grosse oolite), partie supérieure de la gorge de la Mule, Saut Gonet, bas de l'Evorse.

Nombre d'exemplaires : 25.

Ptygmatis quinqueplicata (G. Gemm.).

(Pl. 31, fig. 1-3.)

1865. *Nerinea quinqueplicata.* G. Gemmellaro, *Nerinee della ciaca dei dintorni di Palermo*, p. 23, pl. 3, fig. 13-14.
1869. *Nerinea quinqueplicata.* G. Gemmellaro, *Studj pal. calc. Terebr. Janitor*, part. 2, p. 13, pl. 2 bis, fig. 8-10.
1878. *Ptygmatis quinqueplicata.* Pirona, *Sulla fauna fossile giurese del Monte Cavallo*, p. 24, pl. 3, fig. 15-17.
1898. *Ptygmatis quinqueplicata.* Cossmann, *Contrib. à la pal. française des terr. jur., Nérinées*, p. 173.
1907. *Nerinea quinqueplicata.* Deninger, *Die mesozoischen Formationen auf Sardinien*, p. 465.

Longueur du plus grand individu	24cm.
Diamètre maximal du plus grand individu	4cm.
Angle spiral chez les jeunes	16°.
Angle spiral chez les adultes diminuant jusqu'à	2°.
Angle sutural des grands exemplaires	80°.
Angle sutural des petits exemplaires	85-87°.

Coquille non ombiliquée, de grande taille, à angle spiral variable avec l'âge. Chez les jeunes ayant jusqu'à 6-8cm de long, cet angle atteint 13 à 16°, puis

diminue pour mesurer, chez les individus adultes, de 6 à 2°. Tours plans ou très peu évidés chez les jeunes et très faiblement bombés chez les adultes, nettement étagés chez les jeunes. La hauteur des tours par rapport à leur largeur est de 5 à 6 dixièmes chez les jeunes, de 60 à 65 centièmes chez les adultes. Il existe une striation spirale très fine sur la surface des tours, elle n'est visible que sur les individus parfaitement conservés. Dernier tour un peu contracté dans le voisinage de l'ouverture chez les individus très adultes, un peu anguleux à la périphérie de la base, surtout chez les jeunes. La base est ornée de très fines stries spirales; elle est bombée. Ouverture rhomboïdale, terminée par un bec canaliculé assez court. Les plis (fig. 48, 49)

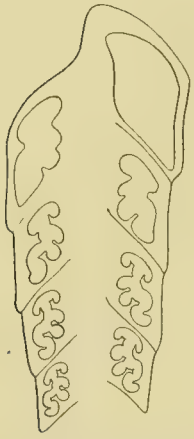


Fig. 48. — *Ptygmatis quinqueplicata*. Section axiale. Gross. × 1 1/2.

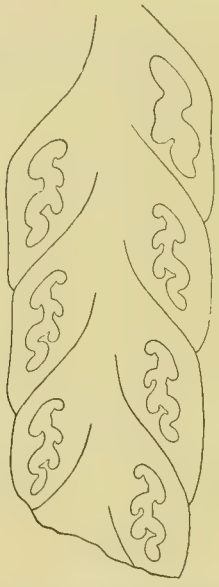


Fig. 49. — *Ptygmatis quinqueplicata*. Section axiale d'un grand individu. Gross. × 1.

n'atteignent pas l'ouverture, ils sont au nombre de 5, deux columellaires, un pariétal, deux labiaux, tous compliqués, sauf le labial postérieur. Chez les adultes, les plis se simplifient légèrement et tendent à perdre leurs appendices lamellaires. Columelle dépassant un peu le 1/3 du diamètre chez les jeunes; elle s'épaissit chez les adultes et atteint presque la moitié de ce diamètre. Comme conséquence de cette particularité, les adultes ont la section du vide interne des tours plus allongée.

Rapports et différences. Nos exemplaires permettent de compléter la diagnose

donnée par Gemmellaro grâce à leur grande taille et à la bonne conservation de quelques-uns d'entre eux. Le *P. quinqueplicata* est voisin du *P. clio.* (d'Orb). Il s'en distingue cependant par sa taille plus grande, son angle spiral très variable avec l'âge, ses tours moins excavés, nettement étagés chez le jeune. La base du dernier tour, chez *P. quinqueplicata,* est toujours convexe, au lieu qu'elle est concave chez *P. clio.* La plication est très voisine chez les deux espèces et ne diffère que dans le détail de la structure des plis. La columelle est un peu plus large chez l'espèce du Salève, surtout chez l'adulte.

Gisement. Portlandien inférieur (couche à *Matheronia salevensis*), haut des Etiollets, Chavardon.

Nombre d'exemplaires : 35.

Cryptoplocus depressus (Voltz.).

(Pl. 32, fig. 1.)

Pour la bibliographie de l'espèce, voir Cossmann, *Contribution à la pal. française des terr. jur.*, p. 158.

Nous possédons quelques *Cryptoplocus* dont l'angle spiral est de 18 à 19°; leur spire est régulièrement conique. Les tours sont un peu convexes, surtout en avant; leur hauteur atteint les 36 à 37 centièmes de leur largeur. L'ombilic est assez étroit. Ces échantillons ont le même angle spiral et la même hauteur des tours que

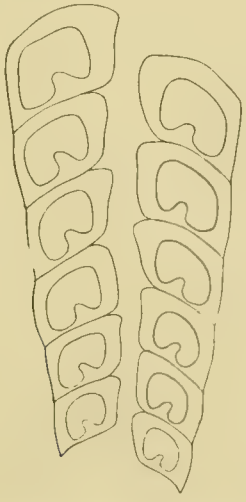


Fig. 50. — *Cryptoplocus depressus.* Section axiale. Gross. $\times 1$.

C. succedens Zitt., mais ils en diffèrent par leur profil, par leur bande suturale beaucoup plus mince et par leurs tours non étagés. Ils se rapprochent davantage de *C. depressus* (Volz.), mais d'après les indications de ZITTEL[1], qui a eu l'original de VOLTZ entre les mains, les tours de nos individus sont trop élevés (36 à 37 centièmes au lieu de 31). Toutefois comme le célèbre paléontologiste dit que des exemplaires de Valfin correspondent parfaitement au type et que COSSMANN[2] figure des échantillons du même gisement qui, au contraire, correspondent à nos échantillons, nous pensons que l'espèce varie sensiblement et nous y rattachons nos échantillons du Salève.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis,* Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 3.

CRYPTOPLOCUS SUCCEDENS Zitt.

(Pl. 32, fig. 2.)

Pour la bibliographie, voir COSSMANN, *Contrib. à la pal. française des terr. jur., Nérinées,* p. 160. Ajouter :

1901. *Cryptoplocus succedens.* GEIGER, *Die Nerineen des schwäbischen Jura,* p. 299.

Trois exemplaires du Salève se rapportent exactement à la description de ZITTEL. Leur angle spiral est de 18-19°, leurs tours sont tout à fait plans, faible-

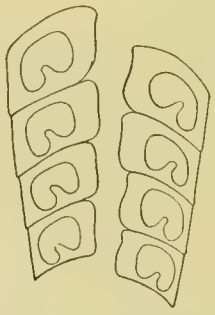


Fig. 51. — *Cryptoplocus succedens.* Section axiale de l'individu figuré pl. 32, fig 2. Gross. × 1.

ment étagés, en tout cas dans les derniers tours. La largeur des tours atteint les 33 centièmes de la hauteur. Nous ne possédons pas d'échantillon suffisamment bien

[1] *Die Gastropoden der stramberger Schichten,* p. 377.
[2] *Contrib. à la pal. fr. des terr. jur.,* pl. 12, fig. 4 et 11.

conservé pour montrer le caractère de la bande suturale que ZITTEL indique. La section axiale ne présente rien de particulier (fig. 51).

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis*, Portlandien inférieur, au haut des Etiollets.

Nombre d'exemplaires : 3.

CRYPTOPLOCUS EXCAVATUS n. sp.

(Pl. 32, fig. 3.)

Espèce de petite taille, à spire régulièrement conique. Angle spiral mesurant 21°. Tours lisses, très excavés. Sutures situées par conséquent sur un bourrelet assez saillant. La hauteur des tours atteint les 29 centièmes de la largeur, mesure prise dans l'évidement. Ombilic assez étroit. Pli pariétal mince, très saillant, dirigé vers l'extérieur. Il existe, à une certaine distance de l'ouverture, un léger renflement sur la columelle, au point où se trouve le pli columellaire chez les Nérinéinés (fig. 52).

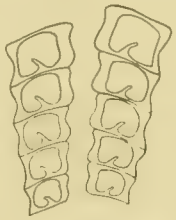


Fig. 52. — *Cryptoplocus excavatus.* Section axiale de l'individu figuré pl. 32, fig. 3. Gross. × 1 ½.

Bien que nous ne possédions qu'un seul échantillon de cette forme, nous n'hésitons pas à en faire une nouvelle espèce, car l'excavation des tours est plus forte que dans toutes les espèces connues. Nous ne connaissons pas d'espèce ayant un pli pariétal aussi mince et aussi saillant.

Gisement. Couche à *Matheronia salevensis,* Portlandien inférieur, au bas de la Grande Gorge.

APTYXIELLA (?) RUSTICA n. sp.

(Pl. 32, fig. 4-5.)

Espèce de petite taille, étroite, à galbe légèrement conoïdal vers le sommet. Angle spiral mesurant 6°. Tours nombreux, ornés de deux fins filets spiraux peu visibles, anguleux à la périphérie de leur base et munis en arrière d'un bourrelet

très saillant surplombant la suture. La hauteur des tours atteint les 40 à 46 centièmes de leur largeur. La section axiale de la coquille montre que le contour interne des tours est subquadrangulaire, sauf au sommet de la coquille, où il est circulaire. La plupart des individus ne présentent pas trace de plis ; quelques-uns, dans leur jeune âge, montrent un pli columellaire rudimentaire (fig. 53 *a*). La coquille n'est pas ombiliquée. La columelle est très épaisse et atteint au moins le $^1/_3$ du diamètre du tour (fig. 53).

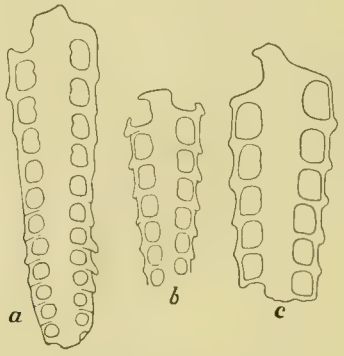


Fig. 53. — *Aptyxiella rustica*. Sections axiales. Gross. × 2.

Rapports et différences. Aptyxiella(?) rustica est voisine de *Nerinella(?) cochlea* G. Gemm., mais elle s'en distingue principalement par l'absence de plication chez l'adulte et par sa columelle beaucoup plus épaisse.

Observations. Cette espèce fait partie du groupe comprenant *Nerinella(?) cochlea* G. Gemm., *N.(?) cochleoides* Zitt., *N.(?) retrogressa* Et.[1] caractérisé par la présence d'un seul pli, rudimentaire en général et situé sur la columelle. Tandis que chez ces trois dernières espèces, ce pli columellaire est persistant, il n'existe que dans le jeune âge et à l'état rudimentaire chez notre espèce qui devrait donc se ranger dans le genre *Aptyxiella* Fisch. Il en résulte que, dans la coupure générique établie par FISCHER, rentrent des formes d'origines diverses, puisque COSSMANN a observé que certains *Aptyxiella* (comme *A. sexcostata* (d'Orb.)) ne présentent aucune trace de pli columellaire, mais par contre un rudiment de pli du labre. Il sera probablement nécessaire de modifier la classification de ces formes sans plis quand elles seront mieux connues.

Gisement. Portlandien inférieur, soit dans la Grosse oolite, Gorge de la Mule,

[1] Nous avons fait des sections de cette espèce provenant de Saint-Joseph près Valfin et appartenant au Muséum de Genève, et nous avons constaté un pli peu développé à la columelle.

pied du Sphinx, soit dans la couche à *Matheronia salevensis*, à Chavardon et au bas de la Grande Gorge.

Nombre d'exemplaires : 8.

Pseudonerinea clio (d'Orb.).

Pour la bibliographie de l'espèce, voir Cossmann, *Contribution à la pal. française des terr. jur., Nérinées*, p. 10. Ajouter :

1911. *Pseudomelania* aff. *clio*. Blaschke, *Zur Tithonfauna von Stramberg*, p. 166, pl. 4, fig. 6.

Nous avons recueilli cette espèce dans le Portlandien inférieur (Grosse oolite) du bas de l'Evorse. Il s'en trouve aussi un exemplaire au Muséum de Genève, provenant des éboulis du Coin et qu'on peut également attribuer au Portlandien par les caractères de sa gangue.

MOLLUSQUES CÉPHALOPODES

Belemnites (Hibolites) diceratinus Et.

(Pl. 32, fig. 8-9.)

Pour la bibliographie de l'espèce, voir de Loriol, *Etudes sur les Moll. des couches corall. de Valfin*, p. 37. Ajouter :

1868. *Belemnites* cfr. *semisulcatus*. G. Gemmellaro, *Studj pal. calc. Terebr. Janitor*, part. 1, p. 21, pl. 3, fig. 2-3.
1897. *Belemnites (Hibolites)* cfr. *semisulcatus*. Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 280, pl. 1, fig. 3-4.
1901. *Belemnites (Hibolites) semisulcatus?* Kilian et P. Lory, *Notices géol. sur divers points des Alpes françaises*, p. 582.
1905. *Belemnites diceratinus*. Vetters, *Die Fauna der Juraklippen zwischen Donau und Thaya*, p. 244 [22].

De Loriol a réuni, avec raison, croyons-nous, sous le nom de *Belemnites diceratinus* Et., toutes les Bélemnites du Jurassique supérieur coralligène désignées par les auteurs sous le nom de *B.* cfr. *semisulcatus*. Cette *B. diceratinus* est très voisine il est vrai, de *B. semisulcatus* Münster qui en diffère par la pointe de son rostre beaucoup plus effilée.

Nous possédons quelques fragments de *Belemnites* du Salève que nous rapprochons de *B. diceratinus*. Ils en montrent tous les caractères, sauf peut-être que certains d'entre eux ont le rostre plus ventru.

Gisement. Portlandien inférieur, soit dans la Grosse oolite (gorge de la Mule), soit dans la couche à *Matheronia salevensis* (haut des Etiollets).

Nombre d'exemplaires : 7.

CONCLUSIONS

La faune coralligène du Jurassique supérieur du Salève comprend actuellement 92 espèces réparties en deux niveaux séparés par une brèche zoogène récifale atteignant 25^{m} d'épaisseur environ. Nous avons appelé le niveau inférieur *couche à Matheronia salevensis,* du nom du fossile qui y est le plus abondant et le plus caractéristique. Le niveau supérieur, d'aspect très caractéristique, a été appelé *Grosse oolite ;* il est constitué par une brèche zoogène oolitique dont les éléments, roulés, atteignent en moyenne la grosseur d'un pois ou d'une noisette. Ce niveau supérieur ne contient du reste que les 17 espèces suivantes :

Corbis valfinense de Lor.
Cardium (Pterocardia) corallinum Leym. var *valfinense* Rollier.
Nerita (Lissochilus) tithonica n. sp.
Gymnocerithium (?) involvens (Zitt.).
Ditretus nodosostriatus (Peters).
Ditretus consobrinus n. sp.
Nerinea binodosa Et.
N. robusta n. sp.
N. salevensis de Lor.
Nerinea hoheneggeri Peters.
N. thurmanni Et.
Nerinea (?) sphinxi n. sp.
Phaneroptyxis staszycii (Zeuschn.) var. *typica* (Zitt.).
Ptygmatis pseudobruntrutana G. Gemm.
Aptyxiella rustica n. sp.
Pseudonerinea clio (d'Orb.).
Belemnites (Hibolites) diceratinus Et.

dont 7 se retrouvent dans le niveau inférieur à *Matheronia salevensis :*

Corbis valfinensis de Lor.
Cardium (Pterocardia) corallinum Leym., var. *valfinense* Rollier.
Ditretus nodosostriatus (Peters).
Nerinea robusta n. sp.
N. hoheneggeri Peters.
Aptyxiella (?) rustica n. sp.
Belemnites (Hibolites) diceratinus Et.

Parmi les 92 espèces de la faune coralligène du Salève, il en est 22 (25 $^{0}/_{0}$) qui n'ont pas été retrouvées ailleurs, ce sont :

Pedina salevensis n. sp.
Lima (Limatula) salevensis de Lor.
Pachymytilus obtusus n. sp.
Arca (Barbatia) gracilicostata n. sp.
Matheronia salevensis n. sp.
Valletia antiqua n. sp.
Ditremaria salevensis n. sp.
Turbo (Senectus) salevensis n. sp.
Scurriopsis salevensis (de Lor).
Patella modesta n. sp.
Eunaticina heterostriata n. sp.
Narica mortilleti (de Lor.).
Petersia salevensis n. sp.
Petersia corallina n. sp.
Brachytrema filigrana n. sp.
Ditretus consobrinus n. sp.
Nerinea robusta n. sp.
— *grata* n. sp.
— *paucicostata* n. sp.
Nerinea (?) sphinxi n. sp.
Cryptoplocus excavatus n. sp.
Aptyxiella (?) rustica n. sp.

Il en est de même pour les deux variétés suivantes :

Ditremaria carinata Zitt. var. *elegans* n. var.
Itieria cabanetiana d'Orb. var. *globosa* n var.

Les 7 espèces suivantes traversent tout le Malm et n'ont par conséquent pas grande valeur pour la détermination stratigraphique :

Pedina sublaevis Ag.
Acropeltis aequituberculata Ag.
Pyrina icaunensis (Cott.).
Pseudodesorella orbignyana (Cott.).
Terebratula insignis Schübl.
Alectryonia hastellata (Schloth.).
Phaneroptyxis moreana (d'Orb.).

Il reste 61 espèces qui peuvent être comparées avec celles des divers gisements coralliens du Jurassique supérieur. Nous ne prendrons ici, comme terme de comparaison, que les faunes coralligènes dont le niveau est bien déterminé, sans toutefois nous occuper de celles qui sont antérieures au Ptérocérien, la faune du Salève n'étant certainement pas si ancienne.

Les couches de Stramberg sont certainement tithoniques supérieures, comme l'indique leur faune de Céphalopodes : *Hoplites (Beriasella) callisto* (d'Orb.) *H. (Beriasella) privasensis* Pict., *Holcostephanus (Spiticeras) pronus* Opp., *Perisphinctes transitorius* Opp., etc.

Celles du Languedoc sont en partie tithoniques supérieures (Bois de Monnier) avec *Belemnites (Duvalia) ensifer* Opp., *B. (Duvalia) tithonius* Opp., *Perisphinctes transitorius* Opp., *Hoplites pexiptychus* Neum. et Uhlig, *Hoplites microcanthus* Opp., et en partie tithoniques inférieures (Murles) avec *Perisphinctes contiguus* (Catullo), *P. richteri* Opp., *Lissoceras elimatum* (Opp.).

Les gisements de Sicile sont tithoniques inférieurs grâce à la présence de *Aspidoceras longispinum* (Sow.), *A. cyclotum* Opp., *Oppelia lithographica* (Opp.), *Perisphinctes eudichotomus* (Zitt.), *Perisphinctes geron* (Zitt.).

La faune de Kelheim est aussi considérée généralement comme portlandienne inférieure, bien qu'en dehors des Céphalopodes portlandiens *Pachyceras gravesianus* (d'Orb.) et *P. portlandicus* (de Lor.), il se rencontre aussi des espèces kimeridgiennes comme *Aspidoceras longispinum* Sow. et *Perisphinctes diceratinus* Schloss.

Les riches gisements de Valfin sont nettement ptérocériens puisqu'ils sont situés entre les calcaires séquaniens à *Perisphinctes polyplocus* Rein. et les couches à *Exogyra virgula.*

La tabelle de la page 470 indique quelles sont les espèces communes entre les faunes coralligènes du Salève et les gisements précédents. Il résulte de la comparaison que parmi les espèces du Salève

18 sont communes avec la faune de Valfin qui compte 229 sp. ;
15 » » avec la faune de Kelheim qui compte 163 sp. ;
19 » » avec la faune de Sicile qui compte 224 sp. ;
21 » » avec la faune tithonique inf. du Languedoc qui compte 64 sp.;
19 » » avec la faune tithonique sup. du Languedoc qui compte 50 sp.;
36 » » avec la faune de Stramberg qui compte 600 sp.

La faune coralligène du Salève a donc la plus grande affinité avec la faune de Stramberg et surtout avec celle du Tithonique inférieur du Languedoc. Les affinités sont beaucoup plus faibles avec les gisements du Tithonique inférieur de Sicile, du Portlandien de Kelheim et du Ptérocérien de Valfin.

Il en résulte que *les niveaux coralligènes du Salève peuvent être considérés comme étant d'âge tithonique,* surtout si nous ajoutons que parmi les 60 espèces de sa faune qui se retrouvent dans d'autres régions, 32 (qui sont marquées d'un astérisque dans la tabelle), soit plus du 50 $^0/_0$, n'ont pas été constatées dans les niveaux inférieurs du Portlandien.

Les renseignements fournis par un certain nombre d'espèces ou de genres à affinités crétacées viennent encore appuyer cette manière de voir. Le genre *Codiopsis,* essentiellement crétacé, fort rare dans le Jurassique, est représenté dans la faune du Salève par *C. lorini* Cott., espèce qui n'était connue jusqu'ici que dans le Crétacé inférieur. Le genre *Matheronia,* surtout crétacé, qui apparaît dans le Ptérocérien tout en y étant fort rare, prend un développement important dans le Tithonique supérieur du Languedoc, de l'Echaillon, de Stramberg. Il est également abondant au Salève. *Valletia,* autre genre de Rudiste, n'était connu jusqu'ici que du Valanginien.

La faune coralligène du Salève est donc incontestablement tithonique. Nous avons vu, en outre, dans la partie stratigraphique de cette étude et au commencement de ce chapitre, que des calcaires oolitiques atteignant 30 mètres d'épaisseur et un Purbeckien bien développé représentant le Tithonique supérieur sont super-

posés à nos niveaux fossilifères coralligènes. On peut donc certainement attribuer à ces derniers un âge tithonique inférieur, ce que l'on pouvait déjà admettre d'après certains de leurs caractères, par exemple, la très grande affinité des faunes du Salève et du Tithonique inférieur du Languedoc (Murles, etc.), l'absence au Salève comme aussi dans le Tithonique inférieur de Murles, de Sicile, de Kelheim, etc., de véritables *Heterodiceras* qui existent partout dans le Tithonique supérieur. La présence du genre *Matheronia* semble au premier abord en opposition avec les caractères précédents, car les gisements du même âge que ceux du Salève (Sicile, Kelheim) n'ont pas fourni ce genre jusqu'à présent. Mais *Matheronia salevensis* montre un degré d'évolution intermédiaire entre le genre *Plesiodiceras* dont il dérive et *Matheronia romani* Paq. et *Hypelasma colloti* Paq., du Tithonique supérieur du Languedoc et de l'Echaillon. Il semble que ce dernier genre de Rudiste ait pris naissance et se soit développé dans un espace limité comprenant le Jura méridional et les régions avoisinantes avant d'avoir une aire de dispersion considérable. C'est ce qui expliquerait que, très rare dans le Ptérocérien du Jura méridional, ce genre, abondant au Salève dans le Tithonique inférieur, fait défaut à la même époque dans les autres gisements connus, tandis qu'on le retrouve sur un espace beaucoup plus considérable au Tithonique supérieur (*M. romani* Paq. à l'Echaillon et dans le Languedoc, *M. strambergensis* Blaschke à Stramberg).

Liste des espèces du Salève et comparaison avec les principaux gisements du Ptérocérien et du Tithonique.

	Salève		Ptéroc.	Tithonique inférieur			Tithonique supérieur	
	C. à Matheronia salevensis	Grosse oolite	Valfin	Kelheim	Sicile	Languedoc	Languedoc	Stramberg.
Echinodermes.								
Thiollericrinus heberti (de Lor.).	+						+	+
[1] *Cidaris carinifera* Ag.	+				+			+
* *Pedina salevensis* n. sp.	+							
Pedina sublaevis Ag.	+							+
Hemicidaris stramonium Ag.	+							
Pseudocidaris subcrenularis Gauth.	+							
Acropeltis aequituberculata Ag.	+		+					
[1] *Codiopsis lorini* Cott.	+							
* *Echinobrissus salevensis* de Lor.	+							
Pyrina icaunensis (Cott.).	+		+					+
Pseudodesorella orbignyana (Cott.).	+		+					+
Brachiopodes.								
Rhynchonella astieriana d'Orb.	+			+		+	+	+
* *Zeilleria lugubris* (Suess).	+				+	+		+
* *Z. magasiformis* (Zeuschn.).	+			+	+	+		+
Z. humeralis (Rœm.).	+							
Megerlea pectunculoides (Schloth.).	+			+				
* *M. Petersi* Hohenegger.	+					+		+
[1] *M. aff. loryi* Pict.	+							
* *Terebratula moravica* Glock.	+			+	+	+	+	+
[1] *T. formosa* Suess.	+			+		+		+
T. insignis Schübl.	+			+				
Terebratulina substriata (Schloth.).	+			+				+
Lamellibranches.								
Alectryonia hastellata (Schloth.).	+			+				+
* *Pecten* aff. *nebrodensis* Gemm. et di Bl.	+			+	+	+		+
* *P. (Spondylopecten) globosus* Quenst. emend. Philippi.	+				+	+	+	+
P. subspinosus (Schloth.).	+						+	+
* *Spondylus pictetianus* (de Lor.).	+							+
Lima (Plagiostoma) thisbe de Lor.	+		+					
* *L. (Plagiostoma) erctensis* G. Gemm.	+				+			
* *L. (Limatula) salevensis* de Lor.	+							
Mytilus subornatus Et.	+		+					+
* *Pachymytilus obtusus* n. sp.	+							
* *Arca (Barbatia) gracilicostata* n. sp.	+							
Isoarca cfr. *eminens* Quenst.	+		+	+				+
Corbis valfinensis de Lor.	+	+	+					
Diceras speciosum Münst.	+			+				
[1] *Matheronia salevensis* n. sp.	+							
[1] *Valletia antiqua* n. sp.	+							
Cardium (Pterocardia) corallinum Leym. var. *valfinense* Rollier.	+	+	+					
Isocardia bernardina (d'Orb.).	+		+					
Astarte studeri de Lor.	+			+		+		+
Gastéropodes.								
[1] *Pleurotomaria multiformis* Zitt.	+					+		+
* *Ditremaria salevensis* n. sp.	+							
D. carinata Zitt. var. *elegans* n. var.	+							+
Trochotoma mastoidea Et.	+		+					+

[1] Les espèces marquées d'un * ne sont connues que du Tithonique ou de terrains plus récents.

	Salève		Ptéroc.	Tithonique inférieur			Tithonique supérieur	
	C. à Matheronia salevensis	Grosso oolithe	Valfin	Kelheim	Sicile	Languedoc	Languedoc	Stramberg.
* *Trochus (Discotectus) massalongoi* G. Gemm.	+				+			
* *Turbo (Senectus) salevensis* n. sp.	+							
* *Nerita (Lissochilus) tithonica* n. sp.		+			+			
* *Pileolus minutus* Zitt.	+							+
* *Scurriopsis salevensis* (de Lor.).	+							
* *Patella modesta* n. sp.	+							
Natica (Amauropsis) fourneti Guir. et Og.	+		+					
Eunaticina guirandi de Lor.	+		+					
* *Eunaticina heterostriata* n. sp.	+							
* *Narica mortilleti* (de Lor.).	+							
* *Pseudomelania flexicostata* (Zitt.).	+							+
* *Oonia amygdaloides* (Zitt.).	+					+		+
* *Purpuroidea tschani* Ooster.	+					+	+	+
* *Gymnocerithium involvens* (Zitt.).		+					+	+
* *Petersia salevensis* n. sp.	+							
* *P. corallina* n. sp.	+							
* *Brachytrema filigrana* n. sp.	+							
Ditretus nodosostriatus (Peters).	+	+	+		+	+		+
* *D. consobrinus* n. sp.		+						
* *D. salevensis* (de Lor.).	+							+
Zittelia oppeli (Et.).	+		+					
* *Z. Picteti* G. Gemm.	+				+	+		+
Nerinea binodosa Et.		+	+					
* *N. robusta* n. sp.	+	+						
* *Nerinea jeanjeani* Roman.	+					+		
* *N. salevensis* de Lor.		+						
* *N. koheneggeri* Peters.	+	+		+	+	+	+	+
* *N. grata* n. sp.	+							
* *N. paucicostata* n. sp.	+							
N. thurmanni Et.		+	+					
N. (?) dilatata d'Orb.	+		+					
* *N. (?) sphinxi* n. sp.		+						
Phaneroptyxis moreana (d'Orb.).	+			+	+			
* *P. rugifera* (Zitt.).	+				+	+		+
* *P. staszycii* (Zeuschn.) var. *typica* (Zitt.).		+		+				+
* *P. staszycii* (Zeuschn.) var. *proboscidea* Cosmm.	+							
* *P. staszycii* (Zeuschn.) var. *helvetica* Zitt.	+							+
P. nogreti (Guir. et Og.).		+	+					
* *P. multicoronata* (Zitt.).	+							+
* *P. renevieri* de Lor.	+							+
Itieria cabanetiana (d'Orb.) var. *globosa* n. var.	+							
* *Ptygmatis meneghini* G. Gemm.	+				+			
P. pseudobruntrutana G. Gemm.		+			+	+		+
* *P. quinqueplicata* G. Gemm.	+				+			
Cryptoplocus depressus (Voltz).	+		+	+	+	+	+	
* *C. succedens* (Zitt.).	+			+	+		+	+
* *C. excavatus* n. sp.	+							
* *Aptyxiella (?) rustica* n. sp.	+	+						
Pseudonerinea clio (d'Orb.).		+	+			+		
Céphalopodes.								
Belemnites (Hibolites) diceratinus Et.	+	+	+		+	+	+	+

FAUNE DU PURBECKIEN

FAUNULE MARINE DE LA PARTIE SUPÉRIEURE DU PURBECKIEN

Corbula forbesi de Lor.

Deux exemplaires provenant des carrières d'Aiguebelle (Petit Salève).

Corbula inflexa Rœm.

Un exemplaire trouvé entre le Pas de l'Echelle et la Croix.

Natica (Amauropsis) florae de Lor.

(Pl. 32, fig. 10.)

1868. *Natica florae.* de Loriol, *Monographie pal. et géol. de l'étage Portl. du dépt de l'Yonne*, p. 37, pl. 3, fig. 8-10.

Nous avons recueilli un exemplaire de *Natica* identique à celui de la figure 10 de de Loriol *(loc. cit.)*. Il provient de la partie tout à fait supérieure du Purbeckien des carrières d'Aiguebelle (Petit Salève).

Natica barottei de Lor.

Cette espèce, qui n'est connue qu'à l'état de moule interne, est abondante au Salève dans la dernière couche purbeckienne, au contact de l'Infravalanginien. Nous l'avons recueillie aux carrières d'Aiguebelle (Petit Salève), aux Voûtes, au Sentier des Bûcherons, à la Varappe, aux Etournelles.

Natica (Ampullina) hemispherica Rœm.

Un moule interne, bien reconnaissable cependant, grâce à la forme toute particulière de cette espèce. Couche supérieure du Purbeckien de la carrière d'Aiguebelle (Petit Salève).

Pseudomelania nana n. sp.

(Pl. 32, fig. 17-18.)

Longueur du plus grand individu	14mm,8.
Diamètre	4mm,3.
Angle spiral	16-18°.

Coquille de petite taille, allongée. Spire conique, sauf à l'extrémité postérieure où elle est légèrement conoïde, composée de 9 à 10 tours très légèrement bombés dont la hauteur atteint les 62 à 69 centièmes de la largeur. Ces tours sont lisses, ou munis de stries d'accroissement très peu marquées, non sinueuses ou à peine, et parallèles à l'axe de la coquille. Sutures peu marquées. Dernier tour très élevé, atteignant les 52 à 59 centièmes de la longueur totale. Ouverture allongée, arrondie en avant, graduellement rétrécie en arrière.

Cette espèce est voisine de *P. corallina* d'Orb. du Rauracien. Elle s'en distingue par sa taille plus petite, par son angle spiral un peu plus faible, par ses tours plus aplatis et dont le dernier est beaucoup plus élevé. Les stries d'accroissement, assez sinueuses chez *P. corallina*, sont droites chez notre espèce. *P. lævis* Alth., du calcaire de Nizniow en Galicie est aussi voisine de l'espèce du Salève, mais son dernier tour est beaucoup moins élevé.

Gisement. Purbeckien supérieur, carrière d'Aiguebelle (Petit Salève).

Nombre d'exemplaires : 6, dont 2 communiqués par M. Perrier.

Exelissa septemplicata (Rœm.).

(Pl. 32, fig. 19-27.)

Pour la bibliographie concernant cette espèce, nous renvoyons à l'ouvrage de de Loriol et Cotteau, *Monographie pal. et géol. de l'étage Portlandien du dép. de l'Yonne*, p. 23, en faisant toutefois remarquer que nous ne pensons pas que *E. supracostata* (Buv.) puisse être identifié à *E. septemplicata* (Rœm) Ajouter :

1874. *Cerithium septemplicatum.* Brauns, Der obere Jura, p. 194.
1882. *Cerithium septemplicatum.* von Alth, Die Versteinerungen des Nizniowerkalksteines, p. 236 [54], pl. 22 [5], fig. 13.
1906. *Exelissa septemplicata.* Cossmann, Essais de paléoconchologie comparée, 7me livr., p. 43.

Coquille plus ou moins pupoïde, à angle spiral assez variable suivant les individus. Les tours, au nombre de 8 au minimun, sont ornés de 6 à 10 côtes axiales fortes, se correspondant en général d'un tour à l'autre. Ces côtes sont coupées par 10 à 13 cordons spiraux très accentués dans la région antérieure des tours et s'effa-

çant dans la région postérieure. Ces cordons, dans la partie moyenne et postérieure des tours, sont eux-mêmes très finement striés longitudinalement. L'ouverture n'est pas conservée.

Observations. Nous possédons une cinquantaine d'exemplaires de cette espèce, qui montrent une assez grande variabilité. Les côtes axiales sont en nombre variant entre 6 à 10 par tour; elles ne se correspondent pas toujours d'un tour à l'autre, surtout quand elles sont nombreuses. Les individus qui comptent le plus de côtes axiales ont, en outre, un angle spiral plus grand, une forme pupoïde plus accusée, et leurs ornements spiraux sont plus fins. Les individus à petit nombre de côtes axiales sont très peu pupoïdes, leur angle spiral peut descendre jusqu'à 15°, leurs côtes sont fortes, très régulièrement disposées en séries de façon à donner à la coquille l'aspect d'un solide polygonal. Nous n'avons pu nous résoudre à faire plusieurs espèces parmi ces formes, en apparence différentes, mais qui se relient les unes aux autres.

Gisement. Couche supérieure du Purbeckien aux carrières d'Aiguebelle (Petit Salève).

Nerinea minima n. sp.

(Pl. 32, fig. 32-36 et Pl. 33, fig. 1-6.)

Longueur probable du plus grand individu	35mm
Diamètre du plus grand individu	8mm
Angle spiral	14-28°

Coquille de petite taille, régulièrement conique, non ombiliquée. Tours, au nombre de 10 au moins, dont la hauteur atteint la moitié environ de la largeur; ils sont plus ou moins excavés suivant les individus, mais jamais complètement plans, limités en arrière par un bourrelet tuberculeux de force très variable et à la partie antérieure par un bourrelet caréné un peu ondulé, recouvert par le bourrelet postérieur du tour suivant. La surface est ornée d'un cordon spiral perlé qui disparaît parfois et qui est situé un peu plus en avant du milieu du tour. La base du dernier tour est carénée à sa périphérie, munie d'un cordon spiral non ou très faiblement perlé. L'ouverture, incomplètement conservée, est rhomboïdale, terminée par un bec assez long, aigu. Il existe deux plis columellaires à peu près égaux, un pli pariétal recourbé en crochet vers l'extérieur et un pli au labre situé au tiers antérieur du tour.

Observations. Cette espèce est très variable, ses tours sont parfois très excavés, parfois presque plans; le bourrelet tuberculé de la partie postérieure des tours, peu développé chez certains individus, est au contraire très saillant et muni de gros

tubercules chez d'autres. Nous donnons une série de figures montrant les principales variations.

Rapports et différences. Cette espèce, par sa forme générale, son ornementation et sa plication, est voisine de *Ptygmatis nodosa* (Volz.) du Rauracien et de *P. ferruginea* Cossm. de l'Oxfordien, mais elle s'en distingue aisément, ces deux dernières espèces étant ombiliquées, d'après COSSMAN.

Gisement. Couche supérieure du Purbeckien aux carrières d'Aiguebelle (Petit Salève).

Nombre d'exemplaires : 85, dont plusieurs communiqués par M. PERRIER.

NERINEA CONCINNA n. sp.

(Pl. 32, fig. 28 à 31.)

Longueur probable du plus grand individu	15mm
Diamètre maximum du plus grand individu	4mm,7
Angle spiral	23-28°.

Coquille de petite taille, conique, non ombiliquée. Tours au nombre de 11 au moins, dont la hauteur atteint les $^5/_{10}$ de la largeur, peu excavés, limités en arrière par un fort bourrelet très saillant portant 11 à 12 tubercules, et en avant par une carène assez peu accusée et recouverte par le bourrelet postérieur du tour suivant. La surface des tours est ornée d'un cordon spiral perlé, situé à peu près au milieu de l'évidement. La base du dernier tour est convexe, faiblement carénée à sa périphérie ; elle est munie de 2 cordons spiraux granulés, concentriques, placés à peu près à chaque tiers du rayon de la base. L'ouverture, incomplètement connue, est rhomboïdale, terminée par un bec assez long. Il existe deux plis columellaires courts et un pli pariétal droit, dirigé obliquement vers l'extérieur. Pas de pli au labre.

Gisement. Couche supérieure du Purbeckien aux carrières d'Aiguebelle (Petit Salève).

Nombre d'exemplaires : 6.

APHANOPTYXIS VARIABILIS n. sp.

(Pl. 33, fig. 7 à 28.)

Longueur du plus grand individu	24mm
Diamètre	7mm
Angle spiral variant de	19 à 32°

Coquille de petite taille, conique. Tours au nombre de 10 au moins, à étagement très variable. Ils ont une hauteur atteignant les 45 à 58 centièmes de leur largeur et portent à leur bord postérieur un bourrelet plus ou moins saillant, muni de

12 à 15 tubercules plus ou moins gros. Leur bord antérieur porte aussi un bourrelet, mais il est beaucoup plus faible et ses tubercules sont de taille beaucoup plus petite. Ce bourrelet antérieur est du reste recouvert, dans la plupart des cas, par le bourrelet postérieur du tour suivant. La surface des tours, peu évidée, présente en général un cordon spiral perlé, placé à peu près au tiers antérieur du tour, rarement à peu près au milieu. Il peut être suivi de un ou deux cordons beaucoup plus fins. Parfois, il existe 3 cordons spiraux égaux; rarement c'est le second qui est le plus fort. Le dernier tour est muni à sa périphérie d'un bourrelet peu saillant à tubercules faiblement développés. Sa base est ornée de 1 à 5 cordonnets spiraux concentriques, égaux ou inégaux, qui en occupent la partie périphérique, de sorte que son centre et le cou de la coquille sont lisses. La suture est en général peu visible, le bourrelet postérieur recouvrant le bourrelet antérieur du tour précédent. Dans certains cas, comme par l'effet d'un étirement, suivant l'axe d'enroulement, les deux bourrelets sont séparés et la suture apparaît au fond d'un sillon qui peut être assez accusé. A ces formes correspond toujours un angle spiral petit et un faible étagement des tours (fig. 23, 24, 26, pl. 33).

L'ouverture est rhomboïdale, pourvue à sa partie antérieure d'un bec assez long et étroit. Pas d'ombilic, pas de plis, même dans les premiers tours. La rétrocurrence des stries vers la suture étant nettement visible, chez plusieurs individus, cette espèce appartient donc bien au genre *Aphanoptyxis* Cossm.

Observation. Cet *Aphanoptyxis* est extrêmement variable. Bien que nous ayons examiné un très grand nombre d'individus, nous n'en avons pour ainsi dire pas trouvé deux qui soient tout à fait semblables. Nous avons déjà indiqué les principales variations dans la diagnose, nous n'y reviendrons pas, préférant donner des figures d'un certain nombre de formes.

Rapports et différences. Cette espèce est voisine de l'*A. pseudoexcavatum* (de Lor.) du Portlandien supérieur du Boulonnais, elle s'en distingue par son angle spiral toujours plus fort et par ses tours qui sont sensiblement plus bas. L'*A. sirius* (d'Orb.) (*Turritella excavata* Sow. non Brongn.) a les mêmes proportions que l'espèce du Salève, mais elle est lisse à en juger par les descriptions et les figures de Sowerby et de de Loriol. C'est l'*A. nodosus* (Rœm.) non Voltz., du Kimeridgien du Hanovre, qui a le plus d'affinité avec notre espèce. On distinguera cependant toujours facilement *A. nodosus* de la plupart de nos individus qui sont beaucoup plus trapus et qui ont un bourrelet tuberculé postérieur beaucoup plus fort. Mais c'est surtout les formes élancées du Salève, dont la suture est située au fond d'un sillon (fig. 23, 24, 26), qui sont voisines de l'*A. nodosus;* leur angle spiral est cependant toujours de quelques degrés plus fort que chez les individus provenant d'Ahlem que le Musée de Lausanne nous a obligeamment prêtés.

Gisement. Partie supérieure du Purbeckien, au Petit Salève, au-dessus du passage à niveau d'Aiguebelle, et sporadiquement en plusieurs points du Grand Salève.

Nombre d'exemplaires. Plus de 2000 qui nous ont été donnés par M. PERRIER.

PERISPHINCTES LORIOLI Zitt.

Nous devons la détermination de cette espèce à l'amabilité de M. le professeur KILIAN. *P. lorioli* se rencontre dans la couche supérieure du Purbeckien aux carrières d'Aiguebelle (M. PERRIER), aux Voûtes du Petit Salève (M. le professeur SCHARDT) et au Sentier des Bûcherons (Grand Salève).

Nombre d'exemplaires : 3.

La faunule marine de la couche supérieure du Purbeckien contient encore les espèces suivantes, qui sont nouvelles, mais insuffisamment conservées pour être décrites :

Opis sp., moule interne, carrières d'Aiguebelle (Petit Salève).

Pileolus sp., carrières d'Aiguebelle.

Nerita sp., carrières d'Aiguebelle.

Cylindrites (Volvocylindrites) sp., carrières d'Aiguebelle.

FAUNE D'EAU DOUCE DU PURBECKIEN

VALVATA HELICOIDES Forbes.

(Pl. 32, fig. 15-16.)

Purbeckien supérieur à la Grande Varappe et aux Etournelles (Grand Salève). 35 exemplaires.

LIOPLAX INFLATA Sandb.

(Pl. 32, fig. 11-14.)

Exemplaires assez mal conservés, ayant généralement perdu leur test, mais identiques à l'échantillon figuré par SANDBERGER[1] quoique atteignant une taille un

[1] *Land- und Süsswasser-Conchylien der Vorwelt*, pl. 2, fig. 17.

peu plus grande. L'un de nos individus, ayant une partie de son test, montre les fines stries spirales signalées par MAILLARD[1]. Nous avons recueilli cette espèce dans la partie supérieure du Purbeckien, au Sentier des Bûcherons près du passage de l'Arc, et à la Grande Varappe.

Nombre d'exemplaires : 22.

PHYSA WEALDIENSIS Coq.

(Pl. 33, fig. 31 à 34.)

Cette espèce, dont le test est toujours détruit, se trouve dans la partie supérieure du Purbeckien, au Sentier de Bûcherons dans le voisinage du passage de l'Arc, à la Grande Varappe et dans les couches verticales de Pierre Longue.

Nombre d'exemplaires : 28.

PLANORBIS LORYI Coq.

(Pl. 33, fig. 29-30.)

Cette espèce bien connue est répandue dans la partie supérieure du Purbeckien. Nous l'avons trouvée à la Grande Varappe, à la gorge de la Mule, aux Etournelles, au Sentier des Bûcherons et aux carrières d'Aiguebelle.

LIMNEA sp.

(Pl. 33, fig 35.)

Nous avons recueilli au Sentier des Bûcherons, près du passage de l'Arc, une Limnée n'ayant aucune ressemblance avec les espèces de ce genre connues jusqu'ici dans le Purbeckien et le Wealdien. Comme nous ne possédons qu'un seul exemplaire médiocrement conservé, nous nous contentons de le figurer.

[1] *Mém. Soc. paléontol. suisse,* vol. 11, p. 65.

CONCLUSIONS

La faune d'eau douce du Purbeckien ne présente pas d'intérêt particulier. Les espèces qui la forment se retrouvent partout dans le Jura, exception faite toutefois de la Limnée que nous avons figurée et qui paraît nouvelle. Ce sont :

Valvata helicoides Forbes.
Lioplax inflata Sandb.
Physa wealdiensis Coq.
Planorbis loryi Coq.
Limnea sp.
Cypris sp.

La faune marine ou saumâtre compte les 15 espèces suivantes :

Corbula forbesi de Lor.
C. inflexa Rœm.
Opis sp.
Pileolus sp.
Natica (Amauropsis) florae de Lor.
Natica barottei de Lor.
N. (Ampullina) hemisphaerica Rœm.
Nerita, sp.
Pseudomelania nana n. sp.
Exelissa septemplicata (Rœm.).
Nerinea minima n. sp.
Nerinea concinna n. sp.
Aphanoptyxis variabilis n. sp.
Cylindrites (Volvocylindrites) sp.
Perisphinctes lorioli Zitt.

Cette faunule marine présente un certain intérêt, car la plupart des espèces qui la forment sont atteintes de nanisme, ce qui semble indiquer que les conditions normales de la vie des organismes marins devaient être modifiées. La salure avait sans doute diminué, car cette faune, purement marine au Petit Salève (Aiguebelle), se mélange à des animaux ou à des Algues d'eau douce au Grand Salève, ainsi que nous l'avons montré dans la partie stratigraphique de ce travail (p. 316). L'extrême variabilité que nous avons observée chez toutes les espèces dont nous avons pu recueillir un nombre suffisant d'individus (*Exelissa septemplicata* (Rœm.), *Nerinea minima* n. sp., *Aphanoptyxis variabilis* n. sp.) est peut-être aussi un autre indice des conditions anormales que présentait la mer.

Mais l'intérêt principal de cette faunule réside surtout dans le fait qu'elle a de grandes affinités avec certaines faunes du Kimeridgien et du Portlandien du nord de l'Europe centrale. Ainsi :

Corbula forbesi de Lor. est abondant dans le Portlandien et le Purbeckien du Hanovre.

Corbula inflexa Rœm. est connu du Kimeridgien supérieur, du Portlandien, du Purbeckien du Hanovre et du Portlandien de la Haute-Marne.

Natica floræ de Lor. a été signalée dans le Portlandien de la Haute-Marne et de l'Yonne.

Natica barottei de Lor. n'est connue que du Kimeridgien de la Haute-Marne.

Natica hemisphærica Rœm. existe dans le Kimeridgien supérieur du Hanovre et dans le Portlandien de la Haute-Marne et de l'Yonne.

Exelissa septemplicata (Rœm.) est répandue dans le Kimeridgien du Hanovre et de Nizniow (Galicie) et dans le Portlandien du Boulonnais et de l'Yonne.

Enfin *Aphanoptyxis variabilis* n. sp., a des espèces affines (*A. nodosa* (Rœm.) et *A. pseudoexcavata* (de Lor.)) dans le Kimeridgien du Hanovre et dans le Portlandien du Boulonnais.

Tandis que, pendant tout le Portlandien, les dépôts marins du Salève ont un facies à Rudistes, franchement méridional, une influence nettement septentrionale se fait sentir dans les sédiments qui couronnent le Jurassique. L'invasion marine qui laissa ces dépôts d'origine septentrionale fut, du reste, extrêmement courte, car nous verrons réapparaître le facies méditerranéen à Rudistes avec la grande transgression crétacée.

FAUNE DE L'INFRAVALANGINIEN

1. ASSISE A HETERODICERAS LUCI

Nous avons vu, au sujet de la faune tithonique du Salève, que DE LORIOL, dans sa *Description des fossiles de l'Oolite corallienne, de l'étage valanginien et de l'étage urgonien*, avait confondu deux faunes coralligènes d'âge différent. Nous nous sommes occupé déjà de celle dont l'âge est tithonique. L'autre, qui a été recueillie principalement par DE LUC dans une ancienne carrière de Monnetier aujourd'hui comblée, appartient certainement à l'Infravalanginien, puisqu'elle est superposée au Purbeckien. Nous allons rapidement passer en revue les quelques organismes qui la composent. Pendant nos recherches, nous n'avons trouvé aucune espèce à ajouter à cette faune. En effet, les couches qui la contiennent ne présentent des fossiles suffisamment conservés que dans la carrière, comblée actuellement, dont nous avons parlé. Nous avons toutefois pu recueillir quelques valves d'*Heterodiceras luci* dans les anciens déblais encore visibles de cette carrière.

PYGURUS BLUMENBACHII (Kock et Dunk.).

Voir DE LORIOL, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 41, et DESOR et DE LORIOL, *Echinologie helvétique*, 1re part., *Echinides de la période jurassique*, p. 341.

L'échantillon dont parle DE LORIOL est fort incomplet et mal conservé. Il nous paraît peu susceptible d'être déterminé exactement. La gangue de ce fossile rappelle tout à fait les calcaires de l'Infravalanginien à *Natica leviathan*. L'indication

du gisement « chemin des Treize Arbres » permet d'exclure le Jurassique mais peut très bien se rapporter aux calcaires à *N. leviathan*. Il serait bien singulier que *P. blumenbachi* se rencontrât à un niveau si élevé. Dans ces conditions, il nous paraît prudent de supprimer cette espèce de la faune du Salève.

Pyrina icaunensis (Cott.).

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 42, pl. F, fig. 11

Le fossile étudié par de Loriol, provenant des carrières de Monnetier, appartient certainement à l'Infravalanginien à *Heterodiceras luci*. Ce serait donc au Salève que *P. icaunensis* atteindrait le niveau le plus élevé. Il y a cependant quelques réserves à faire. Le type unique de de Loriol, que nous n'avons du reste pas retrouvé, correspond bien, par sa forme générale et par la disposition des ambulacres, au *P. icaunensis* du Jurassique, mais il ne possède pas son test, de sorte que son attribution à l'espèce de Cotteau sera toujours un peu douteuse.

Rhynchonella corallina Leym. var. neocomiensis Jacob et Fallot.

Quelques exemplaires de cette variété, provenant des anciennes carrières de Monnetier, se trouvent au Muséum de Genève (Collection Rochat). Deux d'entre eux ont été figurés par Jacob et Fallot[1] dans leur « Etude sur les Rhynchonelles portlandiennes, néocomiennes et mésocrétacées du Sud-Est de la France », page 50, planche 6, figures 9 à 11.

Pecten rochati de Lor.

(Pl. 34, fig. 4.)

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, pl. E, fig. 5-6.

Cette espèce n'est connue jusqu'à présent que du Salève. Tous les auteurs qui l'ont citée comme provenant d'autres régions l'ont confondue avec d'autres espèces comme *P. globosus* Quenst. Le caractère principal de *P. rochati* est donné par ses côtes irrégulièrement barbelées et plissées. Nous faisons ressortir ce caractère le mieux qu'il est possible dans la fig. 4, pl. 34, qui représente un agrandissement d'une partie du test du type figuré par de Loriol *(loc. cit.)*, pl. E, fig. 5.

L'autre type, *loc. cit.*, pl. E, fig. 6, appartient au Musée de Lausanne et doit être rejeté. C'est un moule interne qui, par sa gangue, peut être sûrement rapporté au Jurassique supérieur et qui n'est pas autre chose que *Pecten (Spondylopecten) globosus* Quenst. emend. Philippi. Nous avons retrouvé un exemplaire du véritable *P. rochati* de Lor. dans l'assise à *Heterodiceras luci*, à Chavardon.

[1] *Mém. Soc. paléontol. suisse*, vol. 39 (1913).

Lima (Plagiostoma) monetieri n. sp.

(Pl. 34, fig. 2-3.)

1866. *Lima comatula.* de Loriol (non Buv.), *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 27, pl. E, fig. 2-3.

De Loriol a décrit sous le nom de *Lima comatula* une espèce du Salève qui nous paraît être nouvelle. Voici ses caractères :

Longueur du plus grand individu.	78mm
Largeur du même individu	59mm
Largeur des individus par rapport à leur longueur	0,74 à 0,77.
Epaisseur par rapport à la longueur.	0,51 à 0,55.

Nous reproduisons la diagnose de de Loriol :

« Coquille presque aussi longue que large, fortement tronquée et presque droite du côté buccal, très arrondie du côté anal. Valves assez renflées, surtout dans la région des crochets, excavées du côté buccal, ornées sur toute leur surface de stries rayonnantes, très nombreuses, très fines, régulièrement et finement ponctuées jusqu'à une faible distance du bord palléal, ondulèuses ou même anguleuses à leur rencontre avec les sillons d'accroissement; les exemplaires bien frais montrent en outre de très fines stries concentriques. Les intervalles, beaucoup plus larges, sont aplatis et un peu écailleux près du bord palléal; en approchant des extrémités et surtout sur le côté buccal, ils deviennent saillants, presque imbriqués, et on ne remarque plus de ponctuations. Oreillettes courtes, un peu lamelleuses. »

Quelques points de cette diagnose demandent à être revus. La coquille n'est pas presque aussi longue que large, mais, comme le montrent nos figures et nos mesures, obliquement ovale. Le type figuré par de Loriol que nous reproduisons du reste pl. 34, fig. 2 *a*, paraît en effet très court, parce que sa partie postérieure est cassée. Les côtes et les stries rayonnantes s'affaiblissent considérablement dans la partie médiane des valves, sans toutefois disparaître complètement.

Cette espèce est voisine de *L. comatula* Buv., son ornementation est toute pareille. La forme de la coquille, par contre, est bien différente. L'espèce de Buvignier est subcirculaire, sa troncature antérieure est concave tandis que l'espèce du Salève est allongée, son bord antérieur tronqué est rectiligne ou même un peu convexe et proportionnellement plus allongé. Enfin le crochet est plus déjeté vers le bord postérieur dans notre espèce.

Gisement. Les quatre individus que possède le Muséum de Genève proviennent des anciennes carrières de Monnetier.

Pinnigena saussuri (Desh.).

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 26.

Nous ne savons pas ce que sont devenus les types de de Luc figurés dans de Saussure, *Voyages dans les Alpes*, t. 1, p. 192, pl. 2, fig. 5-6. On sait toutefois qu'ils provenaient des anciennes carrières de Monnetier, c'est-à-dire de l'Infravalanginien à *Heterodiceras luci*. Il se trouve cependant au Muséum de Genève un exemplaire en mauvais état de cette espèce; il a été recueilli par de Luc et sa gangue montre bien la roche caractéristique de l'assise à *Heterodiceras luci*.

Lithodomus luci de Lor.

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 23, pl. D, fig. 9.

Le type, provenant de la collection de Luc, se trouve au Muséum de Genève. Sa gangue permet d'attribuer certainement cette espèce à l'assise à *Heterodiceras luci* de l'Infravalanginien.

Corbis salevensis de Lor.

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 22, pl. C, fig. 6.

Nous ne savons pas ce qu'est devenu le type de cette espèce. La gangue d'un second individu appartenant au Muséum d'histoire naturelle de Genève, permet d'affirmer que l'espèce appartient à l'assise à *Heterodiceras luci* de l'Infravalanginien.

Diceras escheri de Lor.

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 21, pl. D, fig. 1, 2, 3, 4, pl. E, fig. 1

Le *Diceras escheri* provient des anciennes carrières de Monnetier; il appartient donc à l'Infravalanginien (assise à *Heterodiceras luci*). La nature de la gangue des types permet de confirmer cette manière de voir.

Cette espèce est fort mal définie; ses caractères internes sont encore pour la plupart inconnus. Le type de de Loriol, pl. D, fig. 2, seul préparé est introuvable et nous n'avons pas réussi à préparer d'autres valves.

Heterodiceras luci (Defr.).

1779. G. A. de Luc, dans : H. B. de Saussure, *Voyages dans les Alpes*, T. 1, p. 192, pl. 2, fig. 1-4.
1819. *Diceras luci*. Defrance, *Dictionnaire des sciences naturelles*, T. 13, p. 177.
1843. *Diceras luci*. A. Favre, *Observations sur les Diceras*, p. 163, pl. 1, fig. 1-2, pl. 2, fig. 1-4, pl. 3, fig. 1-3, pl. 4, fig. 1-4, pl. 5, fig. 1.
1845. *Diceras luci*. A. Favre, dans : Chenu, *Illustrations conchyliologiques, genre Diceras*, p. 2, pl. 1, fig. 1-8, pl. 3, fig. 1-6 (non pl. 2, fig. 1-3 nec pl. 4, fig. 1-3).
1845. *Diceras luci*. Pictet, *Traité de paléontologie*, vol. 3, p. 354, pl. 12, fig. 2.
1855. *Diceras luci*. Pictet, *Traité de paléontologie*, 2me éd., vol. 3, p. 591, pl. 81, fig. 15.
1866. *Diceras luci*. de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 24.
1869. *Diceras (Heterodiceras) luci*. Munier Chalmas, dans : Hebert, *Examen de quelques points de la géologie de la France méridionale*.
1873. *Diceras luci*. Bayle, *Observations sur quelques espèces de Diceras*, p. 141, pl. 19, fig. 6.
1873. *Diceras luci*. Bayan, *Observations sur les études faites dans les collections de l'école des mines*.
1882. *Heterodiceras luci*. Munier Chalmas, *Etudes critiques sur les Rudistes*, p. 477.
1882. *Diceras luci*. G. Bœhm, *Ueber die Beziehungen von Pachyrisma, Megalodon, Diceras und Caprina*. p. 615.
1883. *Diceras luci*. G. Bœhm, *Die Bivalven der stramberger Schichten*, p. 520, 523, 525 (non *Diceras luci* var. *communis*, var. *ovalis*, var. *mirabilis G. Bœhm.*).
1902. *Diceras luci*. Bigot et Matte, *Catalogue critique de la Collection Defrance*, p. 161.
1909. *Heterodiceras luci*. Joukowsky et J. Favre, *Sur la position stratigraphique des couches à Heterodiceras luci au Salève*. C. R. Acad. Sc., 11 octobre 1909.
1910. *Heterodiceras luci*. H. Douvillé, *Palaeontologia universalis*, fiche 173, fig. 1-4, fiche 173 *a*, fig. 1, 2, H et P, fiche 173 *b*.

Cette espèce, ayant été décrite à plusieurs reprises, il est inutile que nous reprenions l'étude de ses caractères. Nous renvoyons principalement aux travaux cités de H. Douvillé, 1910 et A. Favre, 1843, en faisant remarquer que la fig. 1, pl. 5 de ce dernier auteur est incomplète. Le type qu'elle représente possède une impression musculaire antérieure située sur la coquille même et limitée par une arête myophore peu accusée qui s'enfonce dans la cavité umbonale.

Heterodiceras luci n'est connu jusqu'à présent que de l'Infravalanginien du Salève. Tous les *Heterodiceras* cités souvent sous le nom de *H. luci* dans le Tithonique tant des Carpathes que de Wimmis ou du SE. de la France, diffèrent de l'espèce de Defrance. L'espèce de ce genre, la plus voisine de celle du Salève, est celle que G. Bœhm a désignée sous le nom de *Diceras luci* avec ses trois variétés *communis, ovalis, mirabilis*. L'espèce du Salève diffère cependant par une série de caractères de celle de Stramberg de sorte que nous proposons de l'en séparer complètement. Nous ne sommes pas suffisamment documenté pour établir s'il faut réunir ces 3 variétés sous un seul nouveau nom ou si chacune d'elles doit être érigée en espèce.

Par sa forme extérieure déjà, l'espèce du Salève peut être facilement distinguée de toutes les autres. Elle est toujours plus carénée que l'espèce de Stramberg.

Les deux flancs des valves, déterminés par la carène, forment toujours un angle aigu mesurant en moyenne 60-70° (fig. 54 du texte et pl. 34, fig. 5, 6). A Stramberg, les *Heterodiceras* possèdent une carène dont les pans sont exceptionnellement à angle droit, mais forment en général un angle obtus; parfois même les valves ne sont pas carénées du tout. La valve supérieure, dans l'espèce du Salève, est fortement déjetée vers le bord postérieur chez les jeunes, et même déversée chez les adultes, comme cela se voit chez *Toucasia transversa* Paq., de sorte que la carène surplombe la commissure des valves (fig. 54 du texte et pl. 34, fig. 6). Nous n'avons jamais observé ce caractère chez d'autres *Heterodiceras*.

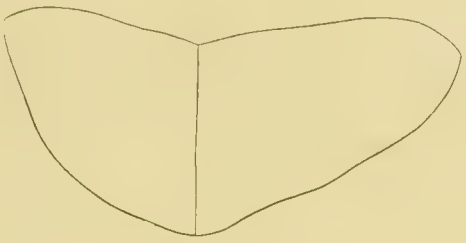


Fig. 54. — *Heterodiceras luci*. Section horizontale des valves passant par la région cardinale Gross. × 1/2.

En corrélation avec le caractère de la carène, la forme de l'ouverture est plus allongée et plus anguleuse, plus même que dans la variété *ovalis* de Bœhm.

La coquille des formes de Stramberg est beaucoup plus massive et épaisse que chez *H. luci*. La hauteur du plateau cardinal (comptée entre le ligament et le bord umbonal du plateau) mesure la moitié environ du plus grand diamètre de l'ouverture dans les échantillons figurés par G. Bœhm, tandis que dans les échantillons du Salève, elle ne dépasse pas le tiers de ce diamètre. La variété *ovalis* de Bœhm fait seule exception, mais, d'autre part, elle possède une carène obtuse ou nulle. Grâce au grand développement du plateau cardinal, la forme de la cavité umbonale est arrondie dans l'espèce de Bœhm, tandis qu'elle est toujours ovale allongée dans celle de Defrance.

Les éléments de la charnière, très massifs dans la première de ces espèces, sont beaucoup plus minces et plus distincts chez la seconde. La dent 3*b* de *H. luci* est plus lamellaire, plus ample et plus auriculiforme que dans les *Heterodiceras* de Stramberg et la fossette A II′ est plus profonde, mieux dessinée et en forme de fer à cheval.

Les autres *Heterodiceras* du Tithonique, tels que ceux figurés par Ooster,

(*loc cit.*, pl. 17, fig. 12, pl. 18, fig. 1-6), par HERBICH (*loc cit.*, pl. 19, fig. 1-2) et que MUNIER CHALMAS a appelés *H. oosteri* et enfin *H. zitteli* ne peuvent être confondus avec *H. luci* Defr.

Gisement. C'est dans les anciennes carrières de Monnetier, aujourd'hui comblées par les déblais des nouvelles carrières ouvertes dans l'assise à *Natica leviathan*, que cette espèce a été recueillie par DE LUC. Elle est donc certainement infravalanginienne; nous avons, du reste, encore trouvé quelques exemplaires de l'espèce dans les déblais de ces anciennes carrières. *H. luci* se rencontre par nids, disséminés çà et là; c'est ainsi que nous l'avons observé dans les parois au-dessus d'Archamps, au sentier de la Traversière et au-dessus de Pomier, mais si fortement empâté dans la roche qu'il n'est pas possible de le préparer.

Nombre d'exemplaires. Il existe au Muséum de Genève 5 valves droites préparées, 2 valves gauches préparées, 11 valves isolées non préparées tant droites que gauches, et 10 individus bivalves. Il se trouve aussi quelques valves de cette espèce au Musée de Lausanne, dont une valve gauche préparée.

CARDIUM (PTEROCARDIA) CORALLINUM Leym. var. ALATUM de Luc.

(Pl. 34, fig. 1.)

Voir DE LORIOL, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 21.

Nous avons parlé de cette variété au chapitre concernant le Jurassique supérieur, nous y renvoyons le lecteur.

NATICA DEJANIRA? d'Orb.

Voir DE LORIOL, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 18.

L'échantillon que DE LORIOL a eu entre les mains est un moule interne, de sorte que sa détermination restera toujours un peu douteuse. Ce moule, d'après sa gangue, provient de la couche à *Heterodiceras luci*.

DITRETUS NODOSOSTRIATUS (Peters.).

Voir DE LORIOL, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 15, pl. B, fig. 5.

L'échantillon figuré par DE LORIOL est extrêmement fruste. Il n'a conservé de son test que 4 des tubercules qui bordent la suture. Il n'est donc pas possible de le déterminer exactement puisqu'on connaît aujourd'hui plusieurs espèces de

Ditretus comme *D. nodosostriatus* Zitt., *D. migrans* Zitt., etc., qui ne peuvent être distingués que par ces tubercules. Il faut donc supprimer de la faune infravalanginienne le *Ditretus nodosostriatus*.

Cerithium monetierense de Lor.

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 17, pl. B, fig. 4.

Le type de cette espèce montre très nettement la rétrocurrence des stries d'accroissement vers la suture, et la bande du sinus. Il appartient donc au genre *Pseudonerinea* de Lor. et non au groupe des Cérithidés. La forme générale de ce type est identique à celle de *Pseudonerinea clio* (d'Orb.) qu'on trouve dans le même gisement à Monnetier (comparer la fig. 1 de la pl. B de l'ouvrage cité avec la fig. 3 de la même planche). Le canal dessiné dans la figure 3 est exagéré et il provient du fait qu'une partie du dernier tour est cassé. *C. monetierense* est pour nous synonyme de *Pseudonerinea clio*.

Nerinea defrancei Desh.

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 9.

Nous avons sous les yeux deux échantillons du Muséum de Genève provenant des collections A. Favre et Rochat qui ont été nommés *N. defrancei* par de Loriol. L'un d'eux n'est pas déterminable, son test étant trop usé. L'autre, mal conservé, n'est en tout cas pas *N. defrancei*, il se rapproche plutôt de *N. thurmanni* Et. Nous ne savons ce qu'est devenu le 3me exemplaire cité par de Loriol, il appartenait à la collection de Luc et était, paraît-il, bien conservé, il est peu probable que ce soit *N. defrancei*, nous pensons plutôt que c'est *N. posthuma* Zitt.

Nerinea dilatata? d'Orb.

(Pl. 34, fig. 7.)

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 10, pl. A, fig. 13-14.

de Loriol a figuré deux exemplaires sous le nom de *N. dilatata*. Nous avons examiné le type de la fig. 14 et nous avons constaté qu'il n'est pas ombiliqué et qu'il ne peut par conséquent pas se rapporter à *N. dilatata* d'Orb. Le type de la fig. 13 n'a pas été retrouvé; s'il a été exactement dessiné, il ne peut être rapporté

qu'avec beaucoup de doute à *N. dilatata* dont l'angle spiral est beaucoup plus grand et dont la base est plus aplatie.

Nous avons, par contre, retrouvé au Muséum de Genève, dans la collection ROCHAT, 2 exemplaires assez mal conservés provenant des anciennes carrières de

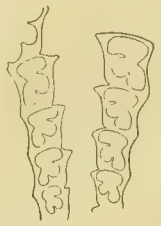


Fig. 55. — *Nerinea dilatata*. Section axiale. Gross. × 1.

Monnetier qui peuvent avec plus de certitude être attribués à *N. dilatata*. Ils ne sont cependant pas en assez bon état pour que nous puissions être tout à fait sûr de cette détermination (Pl. 34, fig. 7 et fig. texte 55).

PHANEROPTYXIS RENEVIERI? (de Lor.)

Nous renvoyons le lecteur à la page 454 où nous avons parlé de cette espèce. L'individu figuré par DE LORIOL, pl. A, fig. 12, provient bien de l'Infravalanginien à *Heterodiceras luci*, mais il est très douteux qu'il se rapporte au véritable *P. renevieri*.

CRYPTOPLOCUS DEPRESSUS? (Volz.).

Voir DE LORIOL, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 8.

Tous les échantillons que DE LORIOL a étudiés sont des moules internes qui ne permettent plus une détermination exacte puisqu'on connaît maintenant plusieurs espèces fort voisines qui ne peuvent être différenciées que par les caractères extérieurs de la coquille. C'est un de ces moules internes que DE LUC a décrit et figuré sous le nom de *Vis pétrifiée* dans le « Journal de Physique », T. 55, brumaire an 11, p. 397, pl. fig. 3.

Gisement. Anciennes carrières de Monnetier. Ces moules sont donc Infravalanginiens (assise à *Heterodiceras luci*.).

Pseudonerinea clio (d'Orb.).

Voir de Loriol, *Descr. des foss. de l'Ool. corallienne*, p. 14, pl. B, fig. 1.

Les exemplaires que de Loriol a eus entre les mains et ceux de la collection de Luc proviennent des anciennes carrières de Monnetier, de l'assise à *Heterodiceras luci* de l'Infravalangien. Ils diffèrent un peu de la forme typique jurassique en ce sens que leurs tours sont très légèrement bombés.

Prosopon oxythyreiforme G. Gemm.

(Pl. 34, fig. 8.)

1868. *Prosopon oxythyreiforme.* G. Gemm., *Studj pal. calc. Terebr. Janitor,* part. 1, p. 15, pl. 2, fig. 58 et pl. 3, fig. 1.
1897. *Prosopon aff. oxythyreiforme.* Roman, *Recherches stratigr. et pal. dans le Bas-Languedoc*, p. 277, pl. 8, fig. 12.
1897. *Prosopon oxythyreiforme.* Möricke, *Die Crustaceen der stramberger Schichten*, p. 57, pl. 6, fig. 10.

Il existe dans la collection Rochat, au Muséum de Genève, deux céphalothorax de *Prosopon* identiques à celui que Gemmellaro a figuré *loc. cit.*, pl. 3, fig. 1. La seule différence que nous puissions constater est la présence de deux petits sillons naissant à une petite distance du bord interne des cavités orbitaires et se dirigeant en arrière.

Gisement. Ancienne carrière de Monnetier.

CONCLUSIONS

La faune de l'assise à *Heterodiceras luci* comprend donc les 16 espèces suivantes :

Pyrina icauuensis? (Cott.).
Rhynchonella corallina Leym. var. *neocomiensis* Jacob et Fallot.
Pecten rochati de Lor.
Lima (Plagiostoma) monetieri n. sp.
Pinnigena saussuri Desh.
Lithodomus luci de Lor.
Corbis salevensis de Lor.
Diceras escheri de Lor.
Heterodiceras luci (Defr.).
Cardium (Pterocardia) corallinum Leym. var. *alatum* de Luc.
Natica dejanira? d'Orb.
Nerinea dilatata? d'Orb.
Phaneroptyxis renevieri? de Lor.
Cryptoplocus depressus? (Voltz.).
Pseudonerinea clio (d'Orb.).
Prosopon oxythyreiforme G. Gemm.

Parmi elles, les suivantes sont si mal conservées que leur détermination est douteuse :

Pyrina icaunensis? (Cott.).
Natica dejanira? d'Orb.
Nerinea dilatata? d'Orb.
Phaneroptyxis renevieri? de Lor.
Cryptoplocus depressus? (Voltz.).

Six autres ne sont pas connues ailleurs :

Pecten rochati de Lor.
Lima (Plagiostoma) monetieri n. sp.
Lithodomus luci de Lor.
Corbis salevensis de Lor.
Heterodiceras luci (Defr.).
Cardium (Pterocardia) corallinum Leym. var. *alatum* de Luc.

Enfin parmi les autres espèces :

Pinnigena saussuri Desh.

Pseudonerinea clio (d'Orb.)

se retrouvent fréquemment dans les étages supérieurs du Malm.

Prosopon oxythyreiforme G. Gemm est connu du Tithonique de Sicile et de Stramberg et

Rhynchonella corallina Leym. var. *neocomiensis* Jacob et Fallot est signalée dans le Crétacé inférieur du SE. de la France.

2. ASSISE A NATICA LEVIATHAN

Au Salève, l'assise à *Natica leviathan* possède une faune qui ne diffère pas dans son ensemble de celle du Jura. Nous nous bornerons donc à donner la liste des espèces qui ont été recueillies sur cette montagne jusqu'à ce jour et à étudier plus longuement celles qui présentent un intérêt particulier.

De Loriol, dans sa *Description des fossiles de l'Oolite corallienne, de l'étage valanginien et de l'étage urgonien*, a décrit les huit espèces suivantes :

Nerinea favrina P. et C.
N. marcousana d'Orb.
N. funifera P. et C.
Cerithium? brotianum de Lor.
Natica leviathan P. et C.
Harpagodes desori P. et C.
Aporrhais saussureanus de Lor.
A. valangiensis P. et C.

Nous avons en outre recueilli :

Natica pidanceti Coq.
Alectryonia tuberculifera (Koch. et Dunk).
Modiola montmollini (P. et C.).
Terebratula valdensis de Lor.
Toxaster granosus d'Orb.
Phyllobrissus neocomiensis (Ag.).
Spirocyclina erratica n. sp.

Enfin, M. R. Jaccard, médecin dentiste à Genève, a fait don au Muséum de Genève d'une voûte palatine de *Pycnodus couloni?* Ag. et M. Gysin, étudiant, nous a communiqué un échantillon de *Pygurus rostratus* Ag. Pour les gisements précis de toutes ces espèces, nous renvoyons à la partie stratigraphique de notre monographie (p. 332).

Les deux espèces suivantes, l'une nouvelle, l'autre peu connue, méritent d'être étudiées.

Spirocyclina erratica n. sp.

(Pl. 34, fig. 10-13.)

Diamètre du plus grand individu	15mm.
Epaisseur » » »	0mm,8.

Dans le jeune âge et jusqu'à un diamètre de 0mm,7 à 0mm,8 environ, cette espèce possède un plasmostracum discoïde formé de 6 à 8 loges disposées en spirale. A partir de ce moment, le mode de croissance change complètement; la dernière loge du jeune plasmostracum spiralé est recouverte à sa périphérie par des loges toujours plus embrassantes qui finissent par se rejoindre à leurs extrémités et à entourer complètement la partie centrale spiralée (fig. texte 56 et pl. 34, fig. 13). A partir de ce moment, les loges deviennent annulaires, le plasmostracum prend alors la forme d'un disque très aplati, rarement plan, mais en général légèrement

Fig. 56. — Disposition des loges chez *Spirocyclina erratica*. Gross. × 10.

gauche ou ondulé et présentant des côtes concentriques correspondant aux loges annulaires. Ces dernières sont au nombre de 16 à 17 pour un individu de 8mm de diamètre. Le test de cette espèce est arénacé calcaire. Les parois des loges sont plus épaisses que le vide qu'elles laissent entre elles, surtout vers la périphérie. Les loges ne présentent pas de cloisons proprement dites à leur intérieur, mais comme le test est arénacé et muni par conséquent d'aspérités, elles montrent des rétré-

cissements irréguliers. Nous n'avons pu observer le réseau polygonal constaté chez *S. choffati* Mun. Chalmas, ni les ouvertures de la périphérie du disque.

Nous n'avons constaté qu'une seule forme chez cette espèce.

Rapports et différences. Spirocyclina erratica se distingue très aisément de *S. choffati* Mun. Chalmas. Il est inutile d'insister sur les différences qui séparent ces deux espèces. Signalons seulement le caractère qui permet de les distinguer à l'œil nu. Les loges annulaires de la seconde espèce sont beaucoup plus nombreuses et étroites. Ainsi, à un diamètre de 8^{mm}, l'espèce du Salève compte 16 à 17 loges, celle du Portugal une quarantaine.

Gisement. Cette espèce se rencontre dans une couche marneuse de l'assise à *Natica leviathan* (n° 9 de la coupe fig. 11), en compagnie de *Terebratula valdensis* de Lor., dans les carrières de Monnetier, sur le versant du Petit Salève où elle est assez abondante et sur le versant du Grand Salève où elle est très rare.

Nombre d'exemplaires : environ 200.

Pycnodus couloni? Ag.

(Pl. 34, fig. 9.)

Nous figurons ce fragment de palais de *Pycnodus* afin de le signaler aux spécialistes. Il provient de la carrière moyenne de Monnetier.

LISTE DES PUBLICATIONS GÉOLOGIQUES CONCERNANT LA CHAINE DU SALÈVE

Nous avions l'intention de donner un aperçu historique concernant la géologie du Salève; mais comme le nombre des auteurs qui ont parlé de cette montagne est considérable, cette étude rétrospective aurait pris des proportions qui ne seraient peut-être pas en rapport avec son utilité. C'est pourquoi nous nous sommes bornés à donner une simple liste chronologique des ouvrages traitant du Salève.

1. 1779. Saussure (de), H.-B. *Voyage dans les Alpes,* vol. 1, chap. 7. Neuchâtel.
2. 1779. Luc (de), G.-A. *Description de deux coquilles bivalves singulières du Mont Salève près de Genève.* Dans : De Saussure, *Voyage dans les Alpes,* vol. 1, p. 192.
3. 1787. Senebier. *Lettre de M. Senebier aux rédacteurs de ce journal sur les préjugés qu'on a contre l'usage du charbon de terre.* Journ. Genève, p. 70.
4. 1794. Anonyme. *Indication de quelques-unes des principales tourbières exploitées ou reconnues en France.* Journ. Mines, brumaire an 3, vol. 1, n° 2, p. 60. Paris.
5. 1794. Hassenfratz. Dans : *Mémoire concernant la description minéralogique du département du Mont-Blanc.* Journ. Mines, pluviôse an 3, vol. 1, n° 5, pp. 14 et 17. Paris.
6. 1799. Deluc, G.-A. *Mémoire sur une vis pétrifiée du Mont Salève.* Journ. Phys., vol. 49, p. 317. Paris, an 8.
7. 1800. Bertrand, L. *Renouvellement périodique des continents terrestres,* pp. 86 et 201. Paris, an 8.
8. 1800. Deluc, G.-A. *Lettre à P. Bertrand.* Journ.Phys., vol. 51, p. 253. Paris, an 9.
9. 1801. Deluc, G.-A. *Mémoire sur le vallon de Monneti et sur les pétrifications qu'on y trouve.* Journ. Phys., vol. 52, p. 267. Paris, an 9.
10. 1802. Beaumont, A. *Description des Alpes grecques et cottiennes.* Part. 1, vol. 2, chap. 20. Paris.
11. 1802. Deluc, G.-A. *Addition au mémoire sur une vis pétrifiée du Mont Salève.* Journ. Phys., vol. 55, p. 397. Paris, an 11.
12. 1805. Lamarck (de), A. *Sur la Dicérate, nouveau genre de coquille bivalve.* Ann. Muséum Hist. nat. vol. 6, p. 298. Paris, 1805.

13. 1813. Luc (de), J.-A. *Geological travels,* vol. 4, § 134 et 135. Londres.

14. 1818. Luc (de), J.-A. *Essay sur la formation du vallon de Monnetier qui sépare le Mont Salève en deux parties inégales.* Naturwiss. Anz., n^os^ 6 à 8. Berne, 1818-1819.

15. 1819. Defrance, M. *La Dicérate de Deluc, Diceras Lucii.* Dict. Sc. nat., vol. 13, p. 177. Paris.

16. 1819. Lamarck (de), A. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres,* éd. 1, vol. 6, part. 1, p. 91. Paris.

17. 1819. Salverte, E. *Notice sur quelques monuments anciens situés dans les environs de Genève.* Genève.

18. 1822. Cuvier, G. et Brongniart, A. *Description géologique des environs de Paris,* n. éd., pp. 308 et 310. Paris.

18bis. 1822. Soret, F. *Rapport sur les minéraux rares ou offrant des cristallisations nouvelles observés dans la collection du Musée Académique de Genève. III. Chaux fluatée de Salève.* Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. Genève, vol. 1, part. 2, p. 476. Genève.

19. 1824. Deshayes, G.-P. Articles *Dicérate* et *Dicérate ariétine.* Dans : Dict. classique Hist. nat., vol. 5, p. 466. Paris.

20. 1826. Luc (de), J.-A. *Mémoire sur le phénomène des grandes pierres primitives alpines.* Mém. Soc. phys. et Hist. nat. Genève, vol. 3, part. 2, p. 147. Genève.

21. 1827. Keferstein, C. *Idées géologiques sur la structure de la croûte terrestre dans le Midi de l'Allemagne.* Bull. Sc. nat. et de Géol., vol. 10, p. 212. Paris.

22. 1828. Defrance, M. Article *Trichites.* Dans : Dict. Sc. nat., vol. 55, p. 206. Paris.

23. 1829. Beaumont (de), E. *Recherches sur quelques-unes des révolutions du Globe.* Ann. Sc. nat., vol. 18, p. 341. Paris.

24. 1830. Bruguière, de Lamarck et G. P. Deshayes. *Encyclopédie méthodique. Histoire naturelle des Vers,* vol. 2, p. 86. Paris.

25. 1832. Luc (de), J.-A. *Mémoire sur plusieurs espèces de roches éparses dans le bassin de Genève et en particulier sur les cailloux calcaires et de grès.* Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. Genève, vol. 5, pp. 89-118. Genève.

26. 1835. Mayor, de Luc et Wartmann. *Ossements trouvés au pied du Salève.* Actes Soc. helv. Sc. nat., 19^me^ session, Lucerne, 1834, p. 93.

27. 1836. Boué, A. *Guide du géologue voyageur,* vol. 2, p. 395. Paris.

28. 1836. Deshayes, G.-P. Dans : Lamarck. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres,* éd. 2, vol. 7, p. 68. Paris.

29. 1837. Luc (de), J.-A. *Examen de la cause probable à laquelle M. J. de Charpentier attribue le transport des blocs erratiques de la Suisse dans sa notice sur ce sujet.* Actes. Soc. helv. Sc. nat. 22^me^ session. Neuchâtel, 1837, p. 29.

30. 1838. Saussure, Th. *Feuille de Palmier de Mornex.* Actes Soc. helv. Sc. nat. 23^me^ session. Bâle, 1838, p. 195.

31. 1838. Studer, B. Dans : *Compte rendu de la séance du 10 septembre 1838 de la Société géologique de France.* Bull. Soc. géol. France, (1), vol. 9, 1837-38, p. 435. Paris.

32. 1839. Agassiz, L. *Description des Echinodermes fossiles de la Suisse.* Nouv. Mém. Soc. helv. Sc. nat., vol. 3. Neuchâtel.

33. 1839-57. Deshayes, G.-P. *Traité élémentaire de conchyliologie,* vol. 2, pp. 86 à 89. Paris.

34. 1839. Huot, J.-J.-N. *Cours élémentaire de géologie,* vol. 2, p. 74. Paris.

35. 1840. Favre, A. Dans : Coquand. *Sur les terrains néocomiens de la Provence.* Bull. Soc. géol. France, (1), vol. 11, 1839-40, p. 406. Paris.

36. 1840. Agassiz, L. *Études sur les glaciers*, p. 257. Neuchâtel.

37. 1840. Godefroy, C. *Notice sur les glaciers, les moraines et les blocs erratiques des Alpes.* Genève.

38. 1841. Escher de la Linth, A. *Coupe longitudinale du Salève en allant de bas en haut.* Bull. Soc. géol. France (1), vol. 12, 1840-41, p. 276. Paris.

39. 1841. Necker, L.-A. *Études géologiques dans les Alpes*, vol. 1. Paris.

40. 1842. Villeneuve (de). *Comptes rendus de la séance du 8 septembre 1842, de la Soc. géol. France.* Bull. Soc. géol. France (1), vol. 13, 1841-42, pp. 429-433. Paris.

41. 1842. Favre, A. *Communication sur une patte d'Ecrevisse trouvée dans la marne néocomienne du Salève.* Actes Soc. helv. Sc. nat., 27me session, p. 194. Altdorf.

42. 1842. Orbigny (d'), A. *Quelques considérations géologiques sur les Rudistes.* Bull. Soc. géol. France, (1), vol. 13, 1841-42, p. 153. Paris.

43. 1842. Pictet, F.-J. *Omoplate trouvée dans le grès de Mornex.* Actes Soc. helv. Sc. nat., 27me session, p. 194. Altdorf.

44. 1843. Luc (de), J.-A. *Phénomènes que présente le terrain de transport du bassin de Genève qui peuvent s'expliquer par l'hypothèse des éjaculations de M. d'Omalius d'Halloy.* Actes Soc. helv. Sc. nat. 28me session. p. 132-140. Lausanne.

45. 1843. Favre, A. *Considérations géologiques sur le Mont Salève et sur les terrains des environs de Genève.* Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. Genève, vol. 10. Genève.

46. 1843. Favre, A. *Observations sur les Diceras.* Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. Genève, vol. 10. Genève.

47. 1843. Guyot, A. *Recherches sur la dispersion du terrain erratique alpin entre les Alpes et le Jura.* Bull. Soc. Sc. nat. Neuchâtel, vol. 1, part. 1, 1843-44, p. 9. Neuchâtel.

48. 1844. Anonyme. Compte rendu sur les *Considérations géologiques sur le Mont Salève et sur les terrains des environs de Genève,* par A. Favre. Bibl. universelle Genève (n. sér.), vol. 49, p. 117. Genève.

48bis 1844. Luc (de), J.-A. *Remarques sur l'ouvrage du professeur Forbes, intitulé: Voyages dans les Alpes pennines avec des observations sur les phénomènes des glaciers,* Edimbourg, 1843. Bibl. universelle Genève (n. sér.), vol. 50, pp. 387-389. Genève.

49. 1844. Blanchet, R. *Terrain erratique du bassin du Léman et de la vallée du Rhône de Lyon à la mer.* Lausanne.

50. 1844-46. Pictet, F.J. *Traité élémentaire de paléontologie,* vol. 3, pp. 353 et 369. Genève.

51. 1845. Luc (de), J. A. *Blocs de granite épars sur le coteau d'Esery et cause de leur transport.* Actes Soc. helv. Sc. nat. 30me session, pp. 252-261. Genève.

52. 1845. Favre, A. *Genre Diceras. Dicérate.* Dans : Chenu. *Illustrations conchyliologiques.* Paris.

53. 1845. Wartmann E. *Note sur l'application de deux théorèmes de géométrie élémentaire à l'explication de certains phénomènes géologiques.* Bull. Soc. vaudoise Sc. nat., vol. 1, p. 395. Lausanne.

54. 1846. Deshayes, G. P. Dans : C. d'Orbigny. *Dict. universel d'Hist. nat.,* vol. 4, p. 736. Paris.

55. 1847. Marcou, J. *Notice géologique sur les hautes sommités du Jura comprises entre la Dôle et le Reculet, avec profil du Reculet au Salève.* Bull. Soc. géol. France, (2), vol. 4, 1846-47, p. 436. Paris.

56. 1847. Agassiz, L. et Desor, E. *Catalogue raisonné des familles, des genres et des espèces de la classe des Echinodermes.* Ann. Sc. nat., vol. 6, 7, 8. Paris. 1847.

57. 1847. Blavignac, J. D. *Description de quelques monuments celtiques situés dans les environs de Genève.* Mém. et Documents publiés par la Soc. d'Hist. et d'Archéol. Genève, vol. 5, p. 492. Genève.

58. 1847. Dujardin, F. Article *Pinnigène.* Dans : C. d'Orbigny. *Dict. universel d'Hist. nat.*, vol. 10, p. 205. Paris.

59. 1847. Guyot, A. *Sur la distribution des espèces de roches dans le bassin erratique du Rhône.* Bull. Soc. Sc. nat. Neuchâtel, vol. 1, part. 3, 1846, p. 477. Neuchâtel.

60. 1847. Martins, C. *De l'ancienne extension des glaciers de Chamonix depuis le Mont-Blanc jusqu'au Jura.* Revue des Deux-Mondes, vol. 17, p. 919. Paris.

61. 1847. Mousson, A. *Bemerkungen ueber die natürlichen Verhältnisse der Thermen von Aix in Savoyen,* pp. 7 à 11. Nouv. Mém. Soc. helv. Sc. nat., vol. 8. Neuchâtel.

62. 1850. Lycett, J. *On Trichites, a fossil genus of bivalve Mollusks.* Ann. and Mag. of. nat. Hist. (2), vol. 3, p. 343. Londres.

63. 1850. Mortillet (de), G. *Note sur les modifications qu'a subies la faune des environs de Genève en ce qui concerne les Mollusques terrestres.* C. R. Acad. Sc., vol. 30, 10 juin, 1850. Paris.

64. 1850. Mortillet (de), G. *Changements dans la population conchyliologique du Salève, depuis les temps historiques.* Les Alpes, Journ. des Sc. nat., n° 1, p. 5. Genève.

65. 1851. Siegfried, J. *Die Schweiz geologisch, geographisch, physikalisch.* Bd. 1, *Allgemeine Verhältnisse und Jura,* p. 138. Zurich.

66. 1851-53. Studer, B. *Geologie der Schweiz.* vol. 1, p. 5, vol. 2, pp. 284 et 295. Bern.

67. 1852. Croset Mouchet. *Note sur la vallée des Usses.* Assoc. florimontane Annecy, p. 68. Annecy.

68. 1852. Lory, C. *Coupes géologiques de la Grande Chartreuse.* Bull. Soc. géol. France, (2), vol. 9, 1851-52, p. 237. Paris.

69. 1853-57. Pictet, F. J. *Traité de Paléontologie,* vol. 3, pp. 590 et 604. Paris.

70. 1854. Mortillet (de), G. *Considérations sur les couches verticales du Salève.* Bull. Institut genevois, vol. 1, p. 201. Genève, 1854.

71. 1855. Martins, C. *Note sur les érosions des roches calcaires dues aux agents atmosphériques, mais simulant des traces de grands courants diluviens.* Bull. Soc. géol. France (2), vol. 12, 1854-55, p. 314. Paris.

72. 1855-59. Heer, O. *Flora tertiaria Helvetiae,* vol. 1, p. 86, vol. 3, pp. 353-357. Winterthur.

73. 1855. Mortillet (de), G. *La Savoie avant l'Homme.* Bull. Assoc. florimontane Annecy et Revue savoisienne, vol. 1, pp. 341 et 363. Annecy.

74. 1855. Mortillet (de), G. *Prodrome d'une géologie de la Savoie,* pp. 7, 22, 25, 39. Mém. Institut national genevois, vol. 3. Genève.

75. 1855. Mortillet (de), G. *Compte rendu d'une note de* C. Vogt : *Une excursion au Mont Salève.* Bull. Assoc. florimontane Annecy, vol. 1, p. 150. Annecy.

76. 1855. Troyon, F. *Statistique des antiquités de la Suisse occidentale,* 3me article, Indicateur d'Histoire et d'Antiquités suisses, vol. 1, n° 4, p. 51. Zurich.

77. 1855. Vogt, C. *Excursion au Mont Salève.* Livre des familles. Almanach de la Suisse française pour l'an 1855, p. 111. Genève.

78. 1856. Anonyme. *Grottes coralliennes au Salève.* Bull. Assoc. florimontane Annecy, vol. 2, p. 142. Annecy.

79. 1857. Etallon, A. *Esquisse d'une description géologique du Haut Jura.* Ann. Sc. phys. et nat. Agriculture et Industrie (3), vol. 1, pp. 292, 302, 320. Paris.

80. 1857. Jaccard, A. *Notice sur les renversements des terrains stratifiés dans le Jura.* Bull. Soc. vaudoise Sc. nat., vol. 5, p. 248. Lausanne.

81. 1857. Lory, C. *Mémoire sur les terrains crétacés du Jura.* Mém. Soc. Emulation Doubs (3), vol. 2, p. 235. Besançon.

82. 1858. Desor, E. *Synopsis des Echinides fossiles.* Paris.

83. 1858. Mortillet (de), G. *Géologie et minéralogie de la Savoie.* Chambéry.

84. 1858-71. Pictet, F. J. et Campiche, G. *Description des fossiles du terrain crétacé de de Sainte-Croix.* Matériaux pour Paléontol. suisse, (2 à 5). Genève.

85. 1858. Pictet F. J. et Loriol (de), P. *Description des fossiles contenus dans le terrain néocomien des Voirons,* pp. 63-64. Matériaux pour Paléontol. suisse (2). Genève.

86. 1861. Chavannes, S. [*Considérations sur l'origine et sur l'âge des roches du Sidérolithique*]. Actes Soc. helv. Sc. nat. 45me session, p. 69. Lausanne.

87. 1861. Lartet, E. *Coexistence de l'Homme et des grands Mammifères fossiles.* Ann. Sc. nat. (4). Zoologie, vol. 15, pp. 227 et 231. Paris.

88. 1861. Loriol (de), P. *Description des animaux invertébrés fossiles contenus dans l'étage néocomien moyen du Mont Salève.* Genève.

89. 1862. Favre, A. *Note sur la présence en Savoie de la ligne anticlinale de la Molasse qui traverse la Suisse et une portion de la Bavière.* Arch. Sc. phys. et nat., (n. période), vol. 14, p. 216. Genève.

90. 1862. Favre, A. *Carte géologique des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse, voisines du Mont-Blanc.* Winterthur.

91. 1862. Favre, A. *Explication de la carte géologique des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc.* Arch. Sc. phys. et nat., (n. période), vol. 15, pp. 247 et 258. Genève.

92. 1862. Thury, M. [*Sur les grottes du Salève*]. Actes Soc. helv. Sc. nat., 46me session, p. 301. Lucerne.

93. 1863. Mackie, S. J. [*Compte rendu d'une conférence de Ruskin à la Royal Institution*]. The Geologist, vol. 6, p. 256. Londres.

94. 1863. Mackie, S. J. *Mr Ruskin's Lecture on the Savoy Alps.* The Geologist, vol. 6, p. 321. Londres.

95. 1863. Revon, L. *Les Troglodytes de la Savoie.* Revue savoisienne, 4me année, p. 12. Annecy.

96. 1863. Roch, A. *Etudes sur les Alpes par M. Ruskin.* Journ. Genève, 2 septembre. Genève.

97. 1863. Anonyme. *La Grotte des Trois Fées à Salève.* Journ. Genève, 29 mai. Genève.

98. 1865. Ruskin, J. *Notes on the Shape and Structure of some Parts of the Alps, with Reference to Denudation.* Geol. Mag., vol. 2, pp. 52-54. Londres.

99. 1865. Thioly, F. *Débris de l'industrie humaine trouvés dans la caverne de Bossey. Fouilles de 1864.* Mém. et Documents publiés par Soc. Hist. et Archéol. Genève, vol. 15, p. 232. Genève.

100. 1866. Loriol, (de), P. *Description des fossiles de l'Oolite corallienne, de l'étage valangien et de l'étage urgonien du Mont Salève,* dans: A. Favre. *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc.* Genève.

101. 1867. Favre, A. *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc,* pp. 236-309. Genève.

102. 1867. Naville, A. *Recherches sur les anciennes exploitations de fer au Mont Salève.* Mém. et Documents publiés par Soc. Hist. et Archéol. Genève, vol. 16, p. 349. Genève.

103. 1867. Thioly, F. *Époques antéhistoriques au Mont Salève. Restes d'habitations et traces d'un refuge. Fouilles de 1865-66.* Mém. et Documents publiés par Soc. Hist. et Archéol. Genève, vol. 16, p. 382. Genève.

104. 1867. Troyon, F. *L'Homme fossile,* pp. 94-99. Lausanne.

105. 1868. Desor, E. *Gisement d'antiquités de l'âge du Renne au pied du Salève.* Bull. Soc. Sc. nat. Neuchâtel, vol. 8, 1867-70, p. 73. Neuchâtel.

106. 1868. Cellérier, A. *Les ossements trouvés à Veyrier.* Rameau de Sapin, mai 1868. Neuchâtel.

107. 1868-72. Desor, E. et P. de Loriol. *Echinides de la période jurassique.* Echinologie helvétique. Paris.

108. 1868. Favre, A. *Station de l'Homme à l'âge de la pierre à Veyrier.* Arch. Sc. phys. et nat., vol. 31, p. 246. Genève.

109. 1869. Favre, A. *Origine du silex employé au Salève.* Matériaux pour Hist. primitive Homme, 4me année, 1868, p. 94. Paris.

110. 1868. Jaccard, A. *Carte géologique de la Suisse au 1: 100.000, feuille 16,* 1re éd.

111. 1868. Thioly, F. *Une nouvelle station de l'âge du Renne.* Rev. savoisienne, 9me année, p. 4. Annecy.

111bis. 1868. Rütimeyer, L. *Les ossements de la caverne de Veyrier.* Rev. savoisienne, 9me année, p. 31. Annecy.

112. 1668. Thioly, F. *L'époque du Renne au pied du Mont Salève.* Rev. savoisienne, 9me année, p. 21. Annecy.

113. 1868. Thioly, F. *L'époque du Renne dans la vallée du Léman.* Indicateur Hist. et Antiquités suisses, vol. 3, 14me année, n° 2, p. 116. Zurich.

114. 1868-70. Zittel (von), K. A. *Die Cephalopoden der stramberger Schichten,* p. 2, p. 295 ss. Dans: *Palaeontologische Studien ueber die Grenzschichten der Jura- u. Kreideformation.* Abt. 1 et 2. Palaeontolog. Mitteilungen a. d. Mus. d. k. Bayer. Staates, Bd. 2. Stuttgart, Cassel.

115. 1869. Favre, A. et L. Soret. *Troisième rapport sur l'étude et la conservation des blocs erratiques en Suisse.* Actes Soc. helv. Sc. nat. 53me session, p. 180. Soleure,

116. 1869. Mortillet, (de), G. *Classification chronologique des cavernes de l'époque de la pierre simplement éclatée.* Bull. Soc. géol. France, (2), vol. 26, 1868-69, p. 583. Paris.

117. 1869. Perrin, A. [*Résumé des recherches de Thioly au Salève*]. Mém. Acad. imp. Savoie (2), vol. 11, p. LXVI. Chambéry.

118. 1869. Thioly, F. *Description d'objets de l'industrie humaine trouvés à Veyrier près de Genève et appartenant à l'époque du Renne.* Bull. Inst. genevois, vol. 15, p. 341. Genève.

120. 1871. Coquand, H. *Sur le Klippenkalk des départements du Var et des Alpes-Maritimes.* Bull. Soc. géol. France (2), 1870-71, vol. 28, p. 208. Paris.

121. 1872-75. Keller, F. *Der Matronenstein, Pierre aux Dames, bei Genf.* Anz. für schweiz. Altertumskunde, vol. 2, p. 336. Zurich.

122. 1872. Perrin, A. *Etude préhistorique sur la Savoie.* Mém. Acad. imp. Savoie, (2), vol. 12, p. 6. Chambéry.

123. 1872. Pictet, F. J., Campiche, G. et Loriol (de), P. *Description des fossiles du terrain crétacé de Sainte-Croix,* part. 5. 1872. Matériaux pour Paléontol. suisse (6). Genève.

124. 1873. Bayle E. *Observations sur quelques espèces du genre Diceras.* Dans : Bayan. *Etudes faites dans la collection de l'Ecole des mines,* fasc. 2, p. 150. Paris.

125. 1873. Favre, A. *Cinquième rapport sur les blocs erratiques.* Actes. Soc. helv. Sc. nat., 55me session, p. 165. Fribourg. 1822.

126. 1873. Gosse, H. *Station préhistorique de Veyrier et l'âge du Renne en Suisse.* Matériaux pour Hist. primitive Homme (2), vol. 8, p. 352. Paris.

127. 1873. Loriol (de), P. *Echinides de la période crétacée. Echinologie helvétique.* Dans: Matériaux pour Paléontol. suisse, (6). Genève.

128. 1873. Neumayer, M. *Die Fauna der Schichten mit Aspidoceras acanthicum.* Abh. d. k. k. geol. Reichsanstalt, vol. 5, n° 6, pp. 240-248. Wien.

129. 1873. Rütimeyer, L. *Ueber die Rennthier-Station von Veyrier am Salève.* Arch. für Anthropol., vol. 6, p. 59. Braunschweig.

130. 1873. Zittel (von), K. A. *Die Gastropoden der stramberger Schichten,* p. 483 et suivantes. Palaeontol. Mitt. a. d. Museum K. bayerischen. Staates, vol. 2, part. 3. Cassel.

131. 1874. Lory, C. *Note sur quelques faits de la structure des chaînes centrales des Alpes.* Arch. Sc. phys. et nat., vol. 49, p. 96. Genève.

132. 1875. Rütimeyer, L. *Ueber die Ausdehnung der pleistocenen oder quartaeren Säugethierfauna.* Actes Soc. helv. Sc. nat., 57me session, p. 143. Coire, 1874.

133. 1875. Loriol (de), P. *Faune de l'étage valanginien et de l'Oolite corallienne du Salève.* Bull. Soc. géol. France (3), vol. 3. 1874-75, p. 763. Paris.

134. 1875. Benoit, E. *Essai d'un tableau comparatif des terrains tertiaires dans le bassin du Rhône et des Usses.* Bull. Soc. géol. France (3), vol. 3, pp. 439-441. Paris.

135. 1875. Coquand, H. *Complément à la note intitulée : Un dernier mot sur les calcaires coralliens à Terebratula repeliniana.* Bull. Soc. géol. France (3), vol. 3, 1874-75, pp. 757 à 763. Paris.

136. 1875. Coquand, H. *Note sur les calcaires coralliens à Terebratula repeliniana de la Basse-Provence et du Languedoc.* Bull. Soc. géol. France (3), vol. 3, pp. 671-685. Paris.

137. 1875. Cotteau, G. *La société géologique de France à Chambéry, à Genève et à Chamonix. La Société helvétique à Andermatt.* Auxerre.

138. 1875. Didelot et E. Favre. *Compte rendu de l'excursion du 2 septembre 1875 au Salève.* Bull. Soc. géol. France, (3), vol. 3. 1874-75, p. 751. Paris.

139. 1875. Favre, E. *Description des fossiles du terrain jurassique de la montagne des Voirons (Savoie),* pp. 67, 71-74. Mém. Soc. paléontol. Suisse, vol. 2. Genève.

140. 1875. Moesch, C. *Monographie der Pholadomyen,* pp. 83 et 91. Mém. Soc. paléontol. Suisse, vol. 2. Genève.

141. 1875-78. Revon, L. *La Haute-Savoie avant les Romains.* Rev. savoisienne, vol. 16, 17 et 19. Annecy.

142. 1875. Rütimeyer, L. *Knocheureste von Thayngen bei Schaffhausen.* Arch. für Anthropol., Bd. 8, p. 123. Braunschweig.

143. 1875. Rütimeyer, L. *Weitere Beiträge zur Beurtheilung der Pferde der quaternaer Epoche.* Mém. Soc. paléontol. Suisse, vol. 2. Bâle et Genève.

144. 1875. Van den Broeck, E. *Note sur une excursion scientifique en Suisse.* Ann. Soc. malacol. Belgique, vol. 10. Bull. des séances, p. CXLIV. Bruxelles.

145. 1876. Collot, M. *Compte rendu sommaire de la réunion de la Société géologique de France dans les Alpes en 1875.* Rev. Sc. nat., vol. 4, p. 2. Montpellier.

146. 1876. Ebray, Th. *Stratigraphie de la montagne du Môle.* Bull. Soc. géol. France, (3), vol. 4, 1875-76, p. 568. Paris.

147. 1876. Ebray, Th. *Stratigraphie du Mont Salève.* Bull. Soc. géol. France, (3), vol. 4, 1875-76, p. 460. Paris.

148. 1876. Vulpian, Th. *Excursion de la Société géologique de France dans la Suisse, la Savoie et la Haute-Savoie,* pp. 42 à 51. Paris.

149. 1877. Anonyme. [*Article sur la Pierre aux Dames et autres blocs des environs de Troinex.*] Journ. Genève, 9 décembre.

151. 1877. Ebray, Th. *Rapports de la faille du Salève avec la ligne anticlinale qui relie la Bavière, la Suisse et la Savoie.* Bull. Soc. géol. France (3), vol. 5. 1876-77, p. 318. Paris.

152. 1877. Marignac (de), M. *Lettre à M. Dumas sur un bloc erratique de granite des environs de Genève.* C. R. Acad. Sc., vol. 85, 17 septembre, 1877. Paris.

152 bis. 1878. Favre, A. *Carte géologique du canton de Genève.* Genève.

153. 1879. Favre, A. *Description géologique du canton de Genève.* Bull. Classe Agriculture Soc. Arts Genève. Genève.

154. 1879. Vacek, M. *Ueber Vorarlberg Kreide. Eine Localstudie.* Jahrbuch d. k. k., géol. Reichsanstalt, Bd. 29, pp. 661, 684. Wien.

155. 1880-89. Koby, F. *Monographie des Polypiers jurassiques,* surtout p. 518, Mém. Soc. paléontol. suisse, vol. 7 à 16. Genève.

156. 1880. Vacek, M. *Neocomstudie.* Jahrbuch d. k. k., geol. Reichsanstalt, Bd. 30, pp. 514-518. Wien.

157. 1883. Boehm, G. *Die Bivalven der stramberger Schichten.* Paläontol. Mitt. a. d. Museum d. k. bayerischen Staates, vol. 2, p. 659. Cassel.

158 1883. Falsan, A. *Esquisse géologique du terrain erratique et des anciens glaciers de la région centrale du bassin du Rhône,* p. 56. Lyon.

159. 1884. Favre, A. *Carte du phénomène erratique.* Arch. Sc. phys. et nat., vol. 12, p. 410. Genève.

160. 1884. Maillard, G. *Etude sur l'étage purbeckien dans le Jura,* p. 33-34. Zurich.

161 1884. Maillard, G. *Invertébrés du Purbeckien du Jura,* pp. 22 et 144. Mém. Soc. paléontol. suisse, vol. 11. Genève.

162. 1884. Reber, B. *Notice sur des crânes trouvés à la colline de la Balme sous Salève.* Bull. Inst. nat. genevois, vol. 26, p. 111. Genève.

163. 1885. Bourgeat. *Résumé des changements de facies du Jurassique supérieur à travers le Jura méridional.* Bull. Soc. géol. France, (3), vol. 13, p. 799. Paris.

164. 1889. Maillard, G. *Notions de géologie élémentaire appliquées à la Haute-Savoie.* Rev. savoisienne, 30me année, pp. 80-81, 112-114. Annecy.

165. 1889. Maillard, G. *Note sur la géologie des environs d'Annecy, La Roche, Bonneville et de la région comprise entre le Buet et Sallanches.* p. 2, et pp. 43-51. Bull. Services Carte géol. France, n° 6, novembre 1889. Paris.

166. 1890. Duparc, L. et Gosse, H. *Sur le Sidérolithique du Salève.* Arch. Sc. phys. et nat., vol. 23, pp. 188 et 348, Genève.

167. 1890. Reber, B. *Notice sur un bloc erratique appelé « La Plate ».* Rev. savoisienne, 31me année, p. 195. Annecy.

168. 1891. Duparc, L. et Mrazec, L. *Recherches sur les roches étrangères enfermées dans la protogine erratique du Mont-Blanc.* Arch. Sc. phys. et nat., vol. 25, p. 655. Genève.

169. 1891. Maillard, G. *Note sur les diverses régions de la feuille d'Annecy,* p. 3-9. Bull. Services Carte géol. France, n° 22, vol. 3, 1891-92. Paris.

170. 1891. Reber, B. *La Pierre aux Dames, de Troinex sous Salève.* Rev. savoisienne, 32me année, p. 209. Annecy.

171. 1891. Schardt, H. *Etude géologique sur l'extrémité méridionale de la première chaîne du Jura.* Bull. Soc. vaudoise Sc. nat., vol. 27, 1891-92, pp. 82, 152-156. Lausanne.

172. 1893. Duparc, L. et Ritter, E. *Sur une formation quaternaire d'éboulis au Mont Salève.* Arch. Sc. phys. et nat., vol. 30, p. 681. Genève.

173. 1893. Jaccard, A. *Sur les différents niveaux de spongitaires dans le Crétacé du Jura* Bull. Soc. Sc. nat. Neuchâtel, vol. 21, p. 69. Neuchâtel.

174. 1893-94. Magnin, A. *Les lacs du Jura.* Ann. Géographie, vol. 3, p. 23. Paris.

175. 1894. Bourdon, G. *Le cañon du Rhône et le lac de Genève.* Bull. Soc. Géographie, (7), vol. 15, p. 70 et vol. 16, pp. 75 et 219. Paris.

176. 1894. *Carte géologique détaillée de la France au 1 : 80.000. Feuille d'Annecy,* (160 bis). Paris.

177. 1894. Hintze, C. *Handbuch der Mineralogie.* 8te Lief., p. 1260. Leipzig.

178. 1894. Kilian, W. *Réflexions sur le parallélisme du Valanginien jurassien avec le Crétacé inférieur de la région delphinoprovençale.* Bull. Soc. géol. France (3), vol. 22, 1894, p. XIV. Paris.

178 bis. 1894. Renevier, E. et H. Golliez. *Voyage géologique dans tout le Jura suisse.* Livret-guide géologique dans le Jura et les Alpes de la Suisse, pp. 65-68. Lausanne.

179. 1894. Du Pasquier, L. *Compte rendu du voyage circulaire dans le Jura, Excursion 6, accomplie sous la direction de MM. Renevier et Golliez,* pp. 421-422, Congrès géol. internat. Compte rendu de la 6me session en Suisse, août 1894. Zurich.

180. 1894. Renevier, E. *Observations de feu G. Maillard.* Bull. Soc. vaudoise Sc. nat., vol. 30, p. VII. Lausanne.

181. 1895. Kilian, W. *Structure de la montagne de Lure et des environs de Sisteron (Basses-Alpes).* Bull. Soc. géol. France (3), vol. 23, 1895, pp. 669. 724, 732. Paris.

182. 1895. Schardt, H. *L'âge de la marne à Bryozoaires et la coupe du Néocomien du Colaz près Sainte-Croix.* Arch. Sc. phys. et nat. (3me période), vol. 33, p. 495 Genève.

183. 1896. Douxami, H. *Etude sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale,* pp. 25, 93, 101, 218, 223. Paris.

184. 1896. Studer, Th. *Pleistocene Knochenreste aus einer palaeolitischen Station in den Steinbrüchen von Veyrier am Salève.* Mitteil. naturforsch. Gesellsch. Bern. pp. 276-283. Bern.

184 bis. 1897. Lacroix, A. *Minéralogie de la France et de ses Colonies,* t. 2, p. 793. Paris.

185. 1898. Mortillet (de), G. *Le préhistorique suisse.* Rev. mensuelle Ecole Anthropol. Paris, 8me année, p. 137. Paris.

186. 1899. Section genevoise du Club Alpin suisse. *Le Salève. Description scientifique et pittoresque.* Genève

187. 1899. Schardt, H, Renevier, E. et Lugeon, M. *Carte géologique de la Suisse au 1 : 100.000, feuille 16,* 2me édition.

188. 1900. Cossmann, M. *Seconde note sur les Mollusques du Bathonien de Saint-Gaultier, Indre.* Bull. Soc. géol. France (3), vol. 28, p. 178. Paris.

189. 1901. Baumberger, E. *Ueber Facies und Transgressionen der untern Kreide am Nordrande der mediterrano-helvetischen Bucht im westlichen Jura.* Wissenschaftl. Beilage, z. Bericht der Töchterschule Basel, 1900-01. Basel.

190. 1901. Douxami, H. *Etude sur la vallée du Rhône aux environs de Bellegarde.* Bull. Services Carte géol. France, vol. 12, 1900-1901, n° 81, pp. 3 et 10. Paris.

191. 1901. Lugeon, M. *Recherches sur l'origine des vallées des Alpes occidentales.* Ann. Géographie, vol. 10, 1901, pp. 315-316. Paris.

192. 1901-09. Penck, A. et Brückner, E. *Die Alpen im Eiszeitalter,* Bd. 2., pp. 473, 483-84, 558, 572. Leipzig.

193. 1901. Reber, B. *Recherches archéologiques à Genève et aux environs,* p. 125, 127, 133, 134, 136, 168. Genève.

193 bis. 1903. Bigot et Matte. *Catalogue critique de la collection Defrance conservée au Musée d'histoire naturelle de Caen.* Bull. Soc. linn. Normandie (5), vol. 6, année 1902, p. 161. Caen.

194. 1902. Canu, F. *Bryozoaires fossiles.* Bull. Soc. géol. France (4), vol. 2, 1902, pp. 10-14. Paris.

195. 1902. Douxami, H. *Revision des feuilles d'Albertville, Annecy et Thonon. Région synclinale comprise entre les Alpes et le Jura.* Bull. Services Carte géol. France, vol. 12, 1900-01, bull. 85, pp. 144-145. Paris.

195 bis. 1903-10. Baumberger, E. *Fauna der untern Kreide im westschweizerischen Jura.* Mém. Soc. paléontol. suisse, vol. 30-36. Zurich.

196. 1903. Loup, L. *Sur des roches erratiques des environs de Genève.* Genève.

197. 1903. Renevier, E. *L'axe anticlinal de la Molasse aux environs de Lausanne.* Eclogae geologicæ Helvetiae, vol. 7, n° 4, p. 296. Lausanne.

198. 1903. Savin, L. *Catalogue raisonné des Echinides fossiles du département de la Savoie* p. 186. Bull. annuel Soc. Hist. nat. Savoie 1903, Chambéry.

199. 1904. Reber, B. *Une nouvelle station préhistorique à Veyrier (Haute-Savoie).* Rev. Ecole Anthropol. Paris. 1904, pp. 156-161. Paris.

200. 1905. Bussenius, H. *Tierreste a. d. Grotte Aiguebelle am Kleinen Salève.* Iena.

201. 1905. Loriol, (de), P. *Sur quelques Echinides du Mont Salève qui existaient dans la collection de Luc et n'ont pas été retrouvés depuis.* Notes pour servir à l'étude des Echinodermes, sér. 2, fasc. 3. Genève.

202. 1905. Machacek, F. *Der Schweizer Jura. Versuch einer geomorphologischen Monographie.* Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft n° 150, pp. 2, 22, 32. Gotha.

203. 1907. Kilian, W. Dans : Frech. *Lethaea geognostica.* Teil 2. *Das Mesozoicum.* Bd. 3 *Kreide.* 1 Abt. : *Untere Kreide (Palaeocretacicum).* Stuttgart.

204. 1909. Joukowsky, E. et J. Favre. *Sur la position stratigraphique des couches à Heterodiceras luci Defr., au Salève.* C. R. Acad. Sc. vol. 149, p. 613., Paris.

205. 1910. Douvillé, H. *Heterodiceras luci Defr.* Palaeontologia universalis (3), fasc. 15, feuilles 173, 173 *a*, 173 *b*.

206. 1910. Révil, J. *Géologie des chaînes jurassiennes et subalpines de la Savoie.* Mém. Acad. Sc. Belles Lettres et Arts Savoie, (5), vol. 1, pp. 472-473, 561, 563. Chambéry.

207. 1911. Kilian, W. *Sur « les seuils de débordement » glaciaires et sur une phase importante dans la succession des oscillations glaciaires dans les Alpes françaises.* Bull. Soc. géol. France (4), vol. 11, p. 33. Paris.

208. 1911. Kilian, W. *Contribution à l'histoire de la vallée du Rhône à l'époque pléistocène. Le défilé de Fort-de-l'Ecluse (Ain).* Zeitschr. Gletscherkunde, Bd. 6, p. 31. Berlin.

209. 1912. Joukowsky, E. et Jules Favre. *Note préliminaire sur la tectonique de la partie orientale de la chaîne du Salève.* Arch. Sc. phys. et nat. (4me période), vol. 33, p. 535. Genève.

210. 1912. Schenk, A. *La Suisse préhistorique. Le Paléolithique et le Néolithique,* pp. 111 à 123, 376-379. Lausanne.

211. 1913. Kilian, W., Révil, J., Leroux, M. *Histoire de la dépression du lac d'Annecy à l'époque pléistocène.* Bull. Soc. géol. France (4), vol. 13. Compte rendu sommaire des séances, 2 juin, 1913, p. 106. Paris.

212. 1913. Jacob, C. et E. Fallot. *Etude sur les Rhynchonelles portlandiennes, néocomiennes et mésocrétacées du Sud-Est de la France,* p. 50. Mém. Soc. paléontol. suisse, vol. 39. Genève.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS D'UNE FAÇON ABRÉGÉE AU COURS DE LA MONOGRAPHIE PALÉONTOLOGIQUE DU SALÈVE

Alth (von), A. *Die Versteinerungen des nizniover Kalksteines.* Beitr. zur Palaeontol. und Geol. Oesterreich-Ungarns, Bd. 1. Wien, 1882.

Bayan, F. *Observation sur les « Etudes faites dans la collection de l'Ecole des Mines sur des fossiles nouveaux ou mal connus ».* Bull. Soc. géol., France, (3), vol. 1, 1872-1873, p. 196. Paris, 1873.

Bayle, E. *Observations sur quelques espèces du genre Diceras.* Dans: F. Bayan. *Etudes faites dans la collection de l'Ecole des Mines sur des fossiles nouveaux ou mal connus.* Paris, 1873.

Bigot, A. et M. Matte. *Catalogue critique de la collection Defrance, conservée au Musée d'histoire naturelle de Caen.* Bull. Soc. linn. Normandie, (5), vol. 6, année 1902, p. 152. Caen, 1903.

Blaschke, F. *Zur Tithonfauna von Stramberg in Mähren.* Ann. k. k. nat. Hofmuseum. Wien, 1911.

Boehm, G. *Die Bivalven der Schichten des Diceras münsteri (Diceraskalk) von Kelheim.* Zeitsch. deutschen geol. Gesellsch. Jahrg. 1881, Berlin. 1881.

Boehm, G. *Die Fauna des kelheimer Diceras-Kalkes.* Abt. 2. *Bivalven.* Palaeontographica, Bd. 28. Cassel, 1882.

Boehm, G. *Ueber die Beziehungen von Pachyrisma, Megalodon, Diceras und Caprina.* Zeitsch. deutschen geol. Gesellsch., Jahrg. 1882. Berlin, 1882.

Boehm, G. *Die Bivalven der stramberger Schichten.* Palaeontographica, Suppl. 2, Abt. 4. Cassel, 1883.

Boehm, A. und Lorié, J. *Die Fauna des kelheimer Diceras-Kalkes.* Abt. 3. *Echinoideen,* Palaeontographica, Bd. 31. Lief. 3-4. Cassel, 1885.

Brauns, D. *Der obere Jura im nordwestlichen Deutschland.* Braunschweig, 1874.

Broili, F. *Ueber die Fauna der Orbitolinen führenden Schichten der untersten Kreide in der Krim.* Abhandl. math.-phys. Classe bayerischen Akad. Wissensch., Bd. 21. München, 1902.

Brösamlen, R. *Beitrag zur Kenntnis der Gastropoden des schwäbischen Jura.* Palaeontographica, Bd. 56. Stuttgart, 1909.

Cossmann, M. *Essais de paléoconchologie comparée.* Paris, 1895-1912.

Cossmann, M. *Contribution à la paléontologie française. Etudes sur les Gastropodes des terrains jurassiques. Opistobranches.* Mém. Soc. géol. France. Paléontologie, vol. 6, mém. 14. Paris, 1896.

Cossmann, M. *Contribution à la paléontologie française des terrains jurassiques. Gastropodes : Nérinées.* Mém. Soc. géol. France. Paléontologie, vol. 8, mém. 19. Paris, 1898.

Cotteau, G. *Paléontologie française. Terrain jurassique,* vol. 9, *Échinides irréguliers,* et vol. 10, *Échinides réguliers.* Paris, 1867 à 1885.

Cotteau, G. *Les Echinides des couches de Stramberg.* Palaeontographica, Suppl. 2, Abt. 5. Cassel, 1884.

Dacqué, E. *Beiträge zur Geologie des Somalilandes.* Teil 2: *Oberer Jura.* Beitr. zur Palaeontol. und Geol. Oesterreich-Ungarns, Bd. 17, 1905. Wien, 1905.

Defrance, M. *Dictionnaire des Sciences naturelles,* vol. 13. Paris, 1819.

Deninger, K. *Die mesozoischen Formationen auf Sardinien.* Neues Jahrb. f. Mineral., Beilage Bd. 23, pp. 435-473. Stuttgart, 1907.

Desor, E. et Loriol (de), P. *Echinologie helvétique. Description des Oursins fossiles de la Suisse. Echinides de la période jurassique.* Paris, 1868-1872.

Douvillé, H. *Sur quelques Brachiopodes du terrain jurassique.* Bull. Soc. Sc. hist. et nat. Yonne, (3), vol. 9, 2me semestre, 1885. Auxerre, 1886.

Etallon, A. *Etudes paléontologiques sur le Haut-Jura. Monographie du Corallien.* Mém. Soc. Emulation Doubs, (3), vol. 4. et 6. Besançon, 1859-1861.

Favre, A. *Observations sur les Diceras.* Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. Genève, vol. 10, p. 165. Genève, 1843.

Favre, A. *Genre Diceras,* dans : Chenu, *Illustrations conchyliologiques,* vol. 1. Paris, 1845.

Geiger, P. *Die Nerineen des schwäbischen Jura.* Jahresheften Ver. f. vaterl. Natur-Kunde Württemberg. Stuttgart. 1901.

Gemmellaro, G. G. *Monografia del genere Itieria, Matheron.* Giornale del R. Istituto d'Incoraggiamento in Sicilia, 1863. Palermo.

Gemmellaro, G. G. *Nerinee della ciaca dei dintorni di Palermo.* Giornale di Sc. nat. ed economiche, vol. 1. Palermo, 1865.

Gemmellaro, G. G. *Studj paleontologici sulla fauna del calcare a Terebratula Janitor del nord di Sicilia.* Palermo, 1868-1876.

Gemmellaro, G. ed A. di Blasi. *Pettini del Titonio inferiore del nord di Sicilia.* Atti Accad. Scienze, Lettere, Belle arti Palermo. Vol. 9. Palermo, 1874.

Goldfuss, A. *Petrefacta Germaniae.* Dusseldorf, 1826-1844.

Greppin, Ed. *Etude sur les Mollusques des couches coralligènes d'Oberbuchsitten.* Mém. Soc. paléontol. suisse, vol. 20 (1893). Genève, 1894.

Herbich. *Paläontologische Studien über die Kalkklippen des siebenbürgischen Erzgebirges.* Mitteil. a. d. Jahrb. k. ungar. geol. Anstalt, Bd. 8. Budapest, 1886.

Kilian, W. et Lory, P. *Notices géologiques sur divers points des Alpes françaises.* Trav. Lab. géol. Univ. Grenoble, 1899-1900, vol. 5, fasc. 3, p. 557. Grenoble, 1901.

KRUMBECK, L. *Die Brachiopoden- und Molluskenfauna des Glandarienkalkes.* Beitr. zur Paléontol. und Geol. Oesterreich-Ungarns, Bd. 18. Wien. 1905.

LORIOL (DE), P. *Description des fossiles de l'Oolithe corallienne, de l'étage valanginien et de l'étage urgonien du Mont Salève.* Dans: A. FAVRE. *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc,* vol. I, Genève, 1867.

LORIOL (DE), P. et COTTEAU, G. *Monographie paléontologique et géologique de l'étage portlandien du département de l'Yonne.* Bull. Soc. Sc. hist. et nat. Yonne, année 1867, vol. 21. Auxerre, 1868.

LORIOL (DE), P. *Monographie paléontologique des couches de la zone à Ammonites tenuilobatus de Baden (Argovie).* Mém. Soc. paléontol. suisse, vol. 5 (1878). Genève, 1878.

LORIOL (DE), P. *Monographie paléontologique des couches de la zone à Ammonites tenuilobatus d'Oberbuchsitten et de Wangen (Soleure).* Mém. Soc. paléontol. suisse, vol. 8 (1881). Genève, 1881.

LORIOL (DE), P. *Paléontologie française. Terrain jurassique,* vol. 11. Paris, 1882-1889.

LORIOL (DE), P. *Etudes sur les Mollusques des couches coralligènes de Valfin (Jura).* Mém. Soc. paléontol. suisse, vol. 13-15. Genève, 1886-1888.

LORIOL (DE), P. *Etudes sur les Mollusques des couches coralligènes inférieures du Jura bernois.* Mém. Soc. paléontol. suisse, vol. 16-19. Genève, 1889-1892.

LORIOL (DE), P. *Description de la faune jurassique du Portugal. Embranchement des Echinodermes.* Commission Travaux géol. Portugal. Lisbonne, 1890-1891.

LORIOL (DE), P. *Notes pour servir à l'étude des Echinodermes,* sér. 1, fasc. 9 et sér. 2, fasc. 1 et 3. Genève, 1901-1905.

LUC (DE), G.-A. *Description de deux coquilles bivalves singulières du Mont Salève, près Genève.* Dans: H.-B. DE SAUSSURE. *Voyage dans les Alpes,* vol. 1, p. 192. Neuchâtel, 1779.

MOERICKE, W. *Die Crustaceen der Stramberger Schichten.* Palaeontographica, Suppl. 2. Abt. 6. Stuttgart, 1897.

MUNIER CHALMAS. Dans: HÉBERT. *Examen de quelques points de la géologie de la France méridionale.* Bull. Soc. géol. France, (2), vol. 27, 1869-1870, p. 107. Paris, 1870.

MUNIER CHALMAS. *Etudes critiques sur les Rudistes.* Bull. Soc. géol. France, (3), vol. 10, 1881-1882, p. 472. Paris, 1882.

MUNSTER, G. *Beiträge zur Petrefactenkunde.* Bayreuth, 1839-1846.

NELLI, B. *Fossili titonici del monte Judica nella provincia di Catania.* Bull. Soc. geol. italiana, vol. 18, fasc. 1. Florence, 1899.

NOETLING, F. *Der Jura am Hermon.* Stuttgart, 1887.

OOSTER, W.-A. *Pétrifications remarquables des Alpes suisses. Synopsis des Brachiopodes fossiles.* Genève. 1863.

OOSTER, W.-A. *Pétrifications remarquables des Alpes suisses. Le Corallien de Wimmis.* Genève. 1869.

ORBIGNY (D'), A. *Paléontologie française. Terrains jurassiques,* vol. 2. Paris, 1850.

PÉRON, M. *Etudes paléontologiques sur les terrains du département de l'Yonne. Les Pélécypodes rauraciens et séquaniens.* Bull. Soc. Sc. hist. et nat. Yonne, vol. 59, année 1905. Auxerre, 1906.

PETERS, K. F. *Die Nerineen des oberen Jura in Oesterreich.* Sitzungsber. mathem. naturw. Classe d. k. Akad. Wiss., Bd. 16. Jahrg. 1855. Wien, 1855.

PICTET, F.-J. *Traité de paléontologie.* Genève, 1844-1846.

PICTET, F.-J. *Etude provisoire des fossiles de la Porte de France, d'Aizy et de Lémenc.* Dans: *Mélanges paléontologiques,* vol. 1. Genève, 1863-1868.

PIRONA, G. A. *Fauna giurese del monte Cavallo.* Mem. r. Istituto veneto Sc. Lett. ed Arti, vol. 20. Venezia, 1878.

QUENSTEDT, A. F. *Handbuch der Petrefaktenkunde.* Tübingen, 1852.

QUENSTEDT, F. A. *Der Jura.* Tübingen, 1858.

REMEŠ, M. *Beiträge zur Kenntnis der Brachiopoden des stramberger Tithon.* Jahrb. der. k. k. geolog. Reichsanstalt, 1899, Bd. 49, Heft 2. Wien, 1899.

REMEŠ, M. *Nachträge zur Fauna der stramberger Schichten. 4. Ueber Bivalven der stramberger Schichten.* Beitr. zur Palaeontol. und Geol. Oesterreich-Ungarns. Bd. 15. Wien, 1903.

REMEŠ, M. *Nachträge zur Fauna von Stramberg. 6. Crinoiden-, Asteriden- und Echinoidenreste aus dem Weissenkalkstein von Stramberg.* Beitr. zur Palaeontol. und Geol. Oesterreich-Ungarns. Bd. 18. Wien, 1905.

REMEŠ, M. *Nachträge zur Fauna von Stramberg. 8. Ueber Gastropoden der stramberger Schichten.* Beitr. zur Palaeontol. und Geol. Oesterreich-Ungarns, Bd. 22, Heft 2. Wien, 1909.

ROLLIER, L. *Fossiles nouveaux ou peu connus des terrains secondaires du Jura et des contrées avoisinantes.* Mém. Soc. paléontol. suisse, vol. 38, (1912). Genève, 1912.

ROMAN, F. *Recherches stratigraphiques et paléontologiques dans le Bas-Languedoc.* Ann. Univ. Lyon, 1897. Lyon, 1897.

SAVIN, L. *Catalogue raisonné des Echinides fossiles du département de la Savoie.* Bull. Soc. Hist. nat. Savoie, (2), vol. 8, 1902. Chambéry, 1903.

SAVIN, L. *Revision des Echinides fossiles du département de l'Isère.* Bull. Soc. Statistique Isère, (4), vol. 8, 1905. Grenoble, 1905.

SCHLOSSER, M. *Die Fauna des kelheimer Diceras-Kalkes.* Abt. 1. *Vertebrata, Crustacea, Cephalopoda und Gastropoda.* Palaeontographica, Bd. 28. Lief. 2. Cassel, 1882.

SCHLOSSER, M. *Die Brachiopoden des kelheimer Diceras-Kalkes.* Palaeontographica, Bd. 28, Lief. 4. Cassel, 1882.

SIMIONESCU, *Studii geologice si paleontologice din Dobrogea. 2, Lamelibranchiatele, Gasteropodele. Brachiopodele si Echinodermele din paturile jurasice dela Harsova.* Acad. romana, n° 25. Bucarest, 1910.

SUESS, E. *Die Brachiopoden der stramberger Schichten.* Dans: F. HAUER, *Beiträge zur Palaeontographie* Bd. 1, Heft. 1. 1859.

TRIBOLET (DE), M. *Notes sur les Nérinées et les travaux récents dont elles ont été l'objet.* Arch. Sc. phys. et nat., (n. période), vol. 50, p. 151. Genève, 1874.

VALETTE, A. *Revision des Echinides fossiles de l'Yonne.* Bull. Soc. Sc. hist. et nat. Yonne, vol. 60, année 1906. Auxerre, 1907.

VALETTE, A. *Etude sur la formule porifère d'un certain nombre d'Echinides réguliers.* Bull. Soc. Sc. hist. et nat. Yonne, année 1905, vol. 59. Auxerre, 1906.

VETTERS, H. *Die Fauna der Juraklippen zwischen Donau und Thaya. Die Tithonklippen von Niederfellabrunn.* Beiträge zur Palaeontol. und Geol. Oesterreich-Ungarns, Bd. 17. Wien, 1905.

ZEUSCHNER, L. *Geognostische Beschreibung des Nerineenkalkes von Inwald und Roczyny.* Naturwiss. Abhandl. herausg. von Haidinger, Bd. 3. Abt. 1. Wien, 1849.

ZEUSCHNER, L. *Palaeontologische Beiträge zur Kenntnis des weissen Jura-Kalkes von Inwald bei Wadowice.* Prag, 1857.

ZITTEL, K. A. *Die Gastropoden der stramberger Schichten.* Palaeontographica, Suppl. II. Abt. 3. Cassel, 1873.

INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

Baumberger, E. 334, 335, 337, 342.
Blasi (di), A. 399.
Boehm, G. 400, 402, 410, 414, 417, 422, 484.
Bourgeat (Abbé). 303, 304, 310.
Brongniart, A. 356.
Bruckner, E. 352.
Choffat, P. 310, 318.
Cossmann, M. 434, 437, 448, 450, 455, 462, 464, 475.
Cotteau, G. 389.
Douvillé, H. 414, 417, 419
Douxami, H. 345, 346, 348.
Fallot, E. 481.
Favre, A. 305, 324, 325, 328, 329, 334 à 337, 341, 344, 346, 350, 355, 356, 363, 385, 484.
Gauthier, E. F. 390.
Geiger, P. 447.
Gemmellaro, G. 399, 410, 427, 429, 451, 458.
Girardot, A. 318.
Haug, E. 342.
Hollande, D. 323.
Jacob, Ch. 481.
Kilian, W. 352, 353, 356, 383, 477.
Koby, F. 328.
Leroux, M. 383.
Loriol (de), P. 328, 332, 336, 339, 340, 344, 384 à 394, 398, 402, 407, 431, 432, 454, 480 à 483, 487, 488.
Lory, C. 363.
Luc (de), G. A. 327, 333, 381, 392, 480, 483, 486, 488.
Luc (de), J. A. 355.
Lugeon, M. 381 à 383.
Maillard, G. 318 à 325, 345 à 347, 350, 358, 372, 374 à 379, 382.
Matheron, P. 455.
Mortillet (de), G. 356.
Munier Chalmas. 417, 486.
Oster, W. A. 404, 423.
Orbigny (d'), A. 448, 450, 456.
Paquier, V. 413, 414, 419.
Perron, C. 295, 297.
Peters, K. F. 445.
Pictet, F. J. 397.
Quenstedt, F. A. 400.
Remes, M. 401, 402, 429.
Révil, J. 303, 304, 323, 335, 383.
Riaz (de), A. 303.
Rollier, L. 421 à 423.
Roman, F. 434, 451.
Sandberger, F. 477.
Saussure (de), H. B. 328, 333, 483.
Schardt, H. 335, 337, 342, 344, 358, 372, 375, 379.
Schaudel, L. 351.
Suess, E. 395, 396.
Voltz, P. L. 462.
Zeuschner, L. 395.
Zittel (von), K. A. 430, 434, 441, 445, 451, 462.

INDEX ALPHABÉTIQUE DES LOCALITÉS

Abergement (l'). 348, 351, 358, 359, 372 à 374.
Ahlem. 476.
Aiguebelle. 310, 313 à 318, 322, 356, 472 à 478.
Aiguilles Rouges. 354.
Ain (département de l'). 304, 305.
Allonzier. 344, 358, 375, 376, 382, 383.
Ambléon. 415.
Andilly. 353.
Annecy. 353, 379, 383.
Arc (passage de l'). 316, 347, 478.
Archamps. 351.
Archamps (paroi d'). 310, 314, 316, 321, 327, 333.
Arcine. 323.
Arolla. 353.
Arve. 352, 381.
Arzier. 335, 337.
Avinières. 344, 372, 373.
Balme (montagne de la). 345, 347, 358, 359, 377, 379.
Balme (Petite). 321.
Balme (rochers de la). 394, 397, 398, 416.
Balme de Sillingy. 321, 322.
Beaumont. 370.
Beauregard. 297.
Beulet (le) 300.
Bornes (les). 354 à 357, 381.
Bossey. 450.
Bouillette (la). 368.
Boulonnais. 480.
Brandaz. 371.
Bûcherons (sentier inférieur des). 310, 362.
Bûcherons (sentier supérieur des). 316, 317, 347, 348, 472, 478.
Biolay. 383.
Caille. 374, 375, 382.
Caille (cluse de la). 341, 354, 373, 383.
Caille (montagne de la). 357, 359, 376, 383.
Caille (pont de la). 375.
Canapé. 309.
Carpathes. 484
Cernex. 352.
Câble de Genevard. 368, 369, 380, 381.
Chailles (Cluse de). 335.
Charly. 352.
Charvonnex. 383.
Châtillon. 353.
Chaumont. 323.
Chavardon. 308, 367, 390, 394 à 397, 402, 404, 407, 413, 416, 425, 428, 431, 434, 437, 441, 443, 446, 448, 451, 453 à 456, 459, 461, 465, 481.
Cheminée Margot. 365.
Chêne (le). 349.
Chêne-Bourg. 297.
Chenex. 348.
Chez Blondin. 349.
Chez Cocu. 359.
Chez Fumet. 345.
Chez Jouvenet. 373, 374.
Chez Roux. 347.
Clarnant. 344.
Coin (le). 303, 351, 359, 363, 364, 368, 396, 398, 431, 447, 465.
Convers. 371.
Corniche (sentier de la). 309, 321, 366.
Corraterie. 341.
Cressier. 342.
Crêt à la Dame. 344, 358, 359, 375, 377, 382.
Crevin. 355, 356.
Croisette. 348, 351, 355, 356, 367, 368, 380.
Croix (la). 351, 362.
Crotte (la). 382.
Cruseilles. 344 à 348, 352, 357 à 359, 372 à 374, 380, 383.
Cuvat. 383.
Détroit (Petit). 310.
Echaillon. 310, 468, 469.
Echelle de Jacob. 341.
Emollières. 353.
Eperon (de la Varappe). 305.
Ertes (les). 353.
Esery. 354.
Essert. 344, 349, 355.
Etiollets. 300 à 303, 367, 395.
Etiollets (Haut des). 305, 308, 387 à 406, 410, 413, 416, 423 à 442, 448, 451, 453 à 456, 459, 461 à 465.
Etournelles. 306, 310 à 317, 472, 477, 478.
Etrembières. 356, 357.
Evorse. 308, 309, 321, 327, 332, 442, 459, 465.
Faverge. 348.
Féchy. 353, 373.
Feu (le). 367.
Feuillet. 365.
Fier. 357, 358, 377, 382, 383.

Filière (la). 383.
Foncine. 322.
Fort Ste-Catherine. 297.
Gaillard. 356.
Genève (plaine de). 357.
Genevois. 342.
Grande Gorge. 308, 309, 321, 324, 325, 336, 341, 348, 351, 361 à 366, 380, 381.
Grande Gorge (bas de la). 385, 387, 390, 394 à 398, 401, 402, 410, 416, 423, 426, 430, 433, 435, 439, 443 à 446, 450, 455, 459, 463, 465.
Grange Gros. 297.
Grange Passey. 363.
Grillet (plateau du). 348.
Hanovre. 479, 480.
Haute-Marne. 479, 480.
Hauterive. 337.
Hôpital (ferme de l'). 351.
Isère (département de l'). 323.
Joie (la). 347, 349, 353, 354, 382.
Jura. 342, 343.
Jura (département du). 304, 305.
Jura central. 322, 334, 342, 355, 378.
Jura méridional. 303, 304, 322, 323, 349, 355, 378, 469.
Jura neuchâtelois. 351.
Jura savoisien. 304, 305, 335.
Jussy (près Mont de Sion). 352, 373.
Jussy (près Pomier). 356, 370.
Kelheim. 468 à 471.
Landecy. 297.
Languedoc. 467 à 471.
Leclerc. 373.
Loup (pont du). 355.
Lovagny (coteau de). 347, 358, 359, 377, 383.
Mandalaz. 359, 376, 380.
Menthonnex-en-Bornes. 297.
Merry-sur-Yonne. 450.
Mikerne. 355.
Mollets (les). 353.
Moneti. 333.
Monnetier. 325, 354, 355, 358, 361 à 363, 380 à 383.
Monnetier (carrières de). 324, 327 à 329, 331 à 333, 385, 393, 423, 480, 482, 483, 487 à 489, 492.
Monnetier (château de). 325, 361.
Monnier (Bois de). 467.
Mont de Sion. 347, 350, 352, 353, 355.
Mont du Chat. 304.
Mont Gosse. 346, 354.
Monthoux. 355.
Mormont. 378.
Mornex. 346, 348, 356.
Mornex (Bas). 346, 356.
Moulin Dunant. 354.
Mule (gorge de la). 308, 318 à 322, 365, 378, 380, 397, 407, 410, 429, 439 à 442, 445, 449, 452, 453, 459, 464, 465, 478.
Muraz (la). 297, 359.
Mure (la), voir la Muraz.
Murles. 467, 469.
Néplier (Roc de). 375, 383.
Neuchâtel. 324, 337, 340.
Neuchâtel (lac de). 335.
Nizniow. 480.
Noiret (le). 374.
Nozeroy (Plateau de). 335.
Ollières (les). 383.
Orjobet. 363, 367.
Orjobet (grotte d'). 321.
Oyonnax. 448.
Palavet. 366, 380.
Pas-de-l'Echelle. 303, 325, 390, 392, 395, 397, 399, 401.
Petite Balme. 321.
Petite Gorge. 337, 338, 348, 361, 364, 380, 397, 410.
Petites Croix. 370.
Pierre Longue. 325.
Pile (la). 355.
Piton (Grand). 357.
Pitons (les). 353, 357, 359, 367, 368, 372.
Plan (Pointe du). 355, 370, 371, 382.
Plateau suisse. 357.
Plot (le). 383.
Point *844*. 297.
Pomier. 303, 317, 321, 355, 358, 372, 380.
Pont des Petits Bois. 373.
Pont-Notre-Dame. 356.
Poupée (la). 321, 364.
Praz Foraz. 348.
Praz Penaz. 348.
Présilly. 352.
Ronzier. 349, 353, 373, 374.
Rossy. 344.
Russille (la). 343, 344.
Saint-Blaise. 350, 352, 356, 373.
Saint-Martin (nant de). 374, 383.
Sainte-Croix. 337.
Salève (Grand). 327, 341, 351, 354 à 363, 366, 378, 380, 477, 479.
Salève (Petit). 297, 314, 327, 341, 346, 353, 354, 357, 359, 361, 366, 479.
Sappey. 344.
Sarrot. 332, 366, 380, 435, 456.
Saut-Gonet. 308, 309, 348, 364 à 367, 378 à 381, 397, 439, 445, 459.
Savoie. 348.
Scie (Aiguille de la). 365.
Sicile. 467 à 471, 490.
Sierne. 356.
Silan. 415.
Sillingy. 321, 322, 353, 358, 359, 377 à 380, 383.
Sources (les). 356.
Sphinx. 308, 439, 442, 449, 450, 465.
Sphinx (Portail du). 365, 366.
Stramberg. 467 à 471, 484, 490.
Table (grotte de la). 310.
Thuile (la). 356, 370.
Tolay. 383.
Tour aux Milans. 363.

Tour des Pitons. 297.
Tourches (les). 347.
Traversière (sentier de la). 327. 333.
Treize-Arbres. 351, 361, 362.
Treize-Arbres (chemin des). 325, 480.
Troinex. 353. 373.
Trou de la Tine. 365. 366.
Trou du Chat. 366.
Usses (les). 350, 353. 354, 357, 374 à 376, 382, 383.
Valais. 352. 353.
Valfin. 414, 462, 464, 468, 470, 471.
Varappe. 300, 303, 306, 314 à 317, 321, 322, 326 à 339, 366, 380, 397, 447, 472, 477, 478.
Varappe (Grande). Voir Varappe.
Vernay (le). 297.
Verne (le). 297.
Veyrier. 325, 356, 362, 363.
Veyrier (montagne de). 379.
Viaison. 353 à 355.
Villers-le-Lac. 335, 337.
Voiry. 373, 383.
Voûtes du Petit-Salève. Voir Voûtes inférieures.
Voûtes inférieures (sentier des). 321, 325, 472, 477.
Vovray-en-Bornes. 349.
Vuache (le). 322, 323, 335, 337, 342, 379.
Wimmis. 423, 484.
Yonne. 392, 479, 480.

INDEX ALPHABÉTIQUE DES FOSSILES[1]

Acanthodiscus radiatus (Brug.). 340.
Acrosalenia patella (Ag.). 329, 332.
Actaeon staszycii Zeuschner. 452.
Acropeltis aequituberculata Ag. 307, **391**, 467, 470.
Actaeonina cfr. *acuta* d'Orb. 310.
Actaeonina amygdaloides Zitt. 433.
Actaeonina picteti Roman. 433.
Alectryonia hastellata (Schloth.). 307, **398**, 467, 470.
Alectryonia rectangularis (Rœm.). 335 à 337.
Alectryonia tuberculifera (Koch et Dunker). 331, 332, 490.
Amauropsis florae (de Lor.). 472, 479.
Amauropsis fourneti (Guir. et Og.). 307, **431**, 471.
Ammonites cryptoceras de Lor. 340.
Ammonites vandeckii de Lor. 340.
Ampullina hemispherica (Rœm.). 317, 472, 479.
Aphanoptyxis Cossm. 476.
Aphanoptyxis nodosa (Rœm.). 476, 480.
Aphanoptyxis pseudoexcavata (de Lor.). 476, 480.
Aphanoptyxis sirius (d'Orb.). 476.
Aphanoptyxis variabilis n. sp. 313, 317, **475**, 479, 480.
Aporrhais saussureanus de Lor. 332, 490.
Aporrhais valangiensis P. et C. 332, 490.
Apricardia Guér. 414.
Aptyxiella Fischer. 464.
Aptyxiella rustica n. sp. 307, 308, **463**, 466, 467, 471.
Aptyxiella sexcostata (d'Orb.). 464.
Arca censoriensis Cott. 405.
Arca cornueliana d'Orb. 344.
Arca dupiniana d'Orb. 344.
Arca gracilicostata n. sp. 307, **404**, 467, 470.
Arca marullensis d'Orb. 344.
Arca subteres de Lor. 405.
Arca terebrans Buv. 405.
Arca texana Quenst. 405.
Arca uhligi G. Bœhm. 405.
Aspidoceras cyclotum (Opp.). 467.
Aspidoceras longispinum (Sow.). 467, 468.
Astarte studeri (de Lor.). 307, **423**, 470.
Astieria Pavlow. 337.
Barbatia gracilicostata n. sp. 307, **404**, 467.
Belemnites diceratinus Et. 307, 308, **465**, 466, 471.
Belemnites dilatatus Blainv. 340.
Belemnites ensifer Opp. 467.
Belemnites pistilliformis Blainv. 340.
Belemnites semisulcatus Münst. 465.
Belemnites cfr. *semisulcatus* Münst. 465.
Belemnites tithonius Opp. 467.
Berriasella callisto (d'Orb.). 467.
Berriasella privasensis (Pict.). 467.
Brachytrema Morr. et Lyc. 437.
Brachytrema filigranum n. sp. 307, **438**, 467, 471.
Brachytrema strambergense Remes. 438.
Brachytrema superbum Zitt. 438.
Cardita studeriana de Lor. 386.
Cardium corallinum Leym. 385, **421**.
Cardium corallinum Leym. var. *alatum* de Luc. 328, **421**, 486, 489, 490.
Cardium corallinum Leym. var. *buvignieri* Desh. 421.
Cardium corallinum Leym. var. *cochleatum* Quenst. 421.

[1] Les chiffres en caractères gras indiquent les espèces décrites ou dont il est fait une mention spéciale.

Cardium corallinum Leym. var. *valfinense* (Rollier). 307, 308, **421**, 466, 470.
Cardium corallinum Leym. var. *wimmisense* (Rollier). 421.
Cardium subhillanum Leym. 340.
Cerithium sp. 346.
Cerithium? brotianum de Lor. 332, 490.
Cerithium involvens Zitt. 435.
Cerithium monetierense de Lor. 385, **487**.
Cerithium nodosostriatum Peters. 385, 438.
Cerithium salevense de Lor. 386, 440.
Cerithium septemplicatum Rœm. 473.
Ceromya excentrica (Rœm.). 304.
Chama L. 417.
Chama speciosa Münst. 407.
Chara jaccardi Heer. 316.
Chara sp. 312 à **316**, 318, 321 à 323.
Chemnitzia flexicostata Zitt. 433.
Chorisastrea glomerata Koby. 328.
Cidaris carinifera Ag. 307, 386, **387**, 470.
Cidaris cornifera Ag. 344.
Cidaris glandifera Münst. 301, 302, 303, **387**.
Cidaris pretiosa Desor. 336.
Cidaris punctatissima Ag. 340.
Codiopsis Ag. 468.
Codiopsis hoheneggeri de Lor. 392.
Codiopsis lorini Cott. 307, **391**, 468, 470.
Codiopsis pilleti Cott. 392.
Collyrites ovulum (Desor). 340.
Columbellina oppeli (Et.). 440.
Columbellina picteti (G. Gemm.). 440.
Corbis salevensis de Lor. 328, 385, **483**, 489, 490.
Corbis valfinensis de Lor. 307, 308, **406**, 466, 470.
Corbula forbesi de Lor. 313, 317, 472, 479.
Corbula inflexa Rœm. 472, 479.
Crioceras duvali Lév. 340.
Cryptoplocus P. et C. 449.
Cryptoplocus depressus (Voltz). 307, 328, **461**, 471, **488** à 490.
Cryptoplocus excavatus n. sp. 307, **463**, 467, 471.
Cryptoplocus succedens Zitt. 307, **462**, 471.
Cylindrites sp. 317, 477, 479.
Cyprina brongniarti Rœm. 310.
Cypris sp. 312, 313, 316, 322, 479.
Cyrena rugosa (Sow.). 310.
Desorella icaunensis (Cott.). 385.
Diatinostoma nodosostriata (Peters). 439.
Diceras Lm. 414, 417 à 421.
Diceras affine G. Gemm. 420.
Diceras arietinum Lm. 418.
Diceras beyrichi G. Bœhm. 409, 410, 420.
Diceras bourgeati de Lor. 414.
Diceras buvignieri Bayle. 418.
Diceras cotteaui Bayle. 410.
Diceras escheri de Lor. 328, 385, 410, 418, 483, 489.
Diceras kobyi de Lor. 418.
Diceras luci Defr. 324, 385, 484.
Diceras luci G. Bœhm. var. *communis* G. Bœhm. 484.
Diceras luci G. Bœhm. var. *mirabilis* G. Bœhm. 484.
Diceras luci G. Bœhm. var. *ovalis* G. Bœhm. 484, 485.
Diceras moreani Bayle. 418.
Diceras sinistrum Desh. 410.
Diceras sinuatum G. Gemm. 420.
Diceras speciosum Münst. 306 à 308, 333, **407**, 470.
Diceras speciosum Münst. var. *aequivalvis* G. Bœhm. 407.
Diceras speciosum Münst var. *inaequivalvis* G. Bœhm. 407, 420.
Diplopodia aroviensis de Lor. **390**.
Discotectus n. subgen. **426**.
Discotectus massalongoi (G. Gemm.). 307, 426, **427**, 471.
Ditremaria carinata Zitt. var. *elegans* n. var. 307, **425**, 467, 470.
Ditremaria hermittei de Lor. 424.
Ditremaria salevensis n. sp. 307, **424**, 467, 470.
Ditremaria striata Zitt. 425.
Ditretus consobrinus n. sp. 308, **439**, 466, 467, 471.
Ditretus migrans (Zitt.). 487.
Ditretus nodosostriatus (Peters). 306 à 308, **438**, 466, 471, **486**.
Ditretus salevensis (de Lor.). 307, **440**, 471.
Duvalia dilatata (Blainv.). 340, 343.
Duvalia ensifer (Opp.). 467.
Duvalia tithonia (Opp.). 467.
Echinobrissus olfersii (Ag.). 340.
Echinobrissus aff. *placentula* (Desor.). 343.
Echinobrissus salevensis de Lor. 307, **392**, 470.
Enallaster oblongus (Brongn.). 344, 345.
Eudesia semistriata (Defr.). 340.
Eulima amphora d'Orb. 434.
Eunaticina guirandi de Lor. 307, **431**, 432, 467, 471.
Eunaticina heterostriata n. sp. 307, **432**, 471.
Eustoma nodosostriata (Peters). 438.

Enstoma salevense (de Lor.). 440.
Exelissa septemplicata (Rœm.). 313, 317, **473**, 479, 480.
Exelissa supracostata (Buv.). 473.
Exogyra couloni (Defr.). 340.
Exogyra virgula (Goldf.). 304, 468.
Goniopygus peltatus Ag. 344.
Gymnocerithium (?) *involvens* (Zitt.). 308, **435**, 466, 471.
Gyropleura H. Douv. 419, 420.
Harpagodes desori (P. et C.). 332, 490.
Harpagodes pelagi (Brongn.). 344, 345.
Hemicidaris stramonium Ag. 307, **389**, 470.
Heterodiceras Mun. Chalm. 326, 409, 414, 417, 420, 469.
Heterodiceras luci (Defr.). 325, 327 à 335, 480, **484**, 489, 490.
Heterodiceras oosteri Mun. Chalm. 486.
Heterodiceras zitteli Mun. Chalm. 486.
Hiboliter diceratinus (Et.). 307, 308, **465**, 466, 471.
Hibolites pistilliformis (Blainv.). 340.
Hinnites (?). 401.
Holaster intermedius (Münst.). 340.
Holcodiscus intermedius (d'Orb.) 340, 343.
Holcostephanus astierianus (d'Orb.). 340.
Holcostephanus pronus (Opp.). 467.
Holectypus macropygus (Ag.). 340.
Hoplites callisto (d'Orb.). 467.
Hoplites castellanensis (d'Orb.). 340.
Hoplites clypeiformis (d'Orb.). 340.
Hoplites leopoldinus (d'Orb.). 340.
Hoplites microcanthus (Opp.). 467.
Hoplites periptychus Neum. et Uhlig. 467.
Hoplites privasensis (Pict.). 467.
Hoplites radiatus (Brug.). 340.
Hoplites salevensis Kil. 340, 343.
Hypelasma Paq. 414, 419, 420.
Hypelasma colloti Paq. 469.
Isoarca cfr. *eminens* Quenst. 307, **405**, 470.
Isocardia bernardina (d'Orb.). 307, **423**, 470.
Isocardia inflata Et. 406.
Itieria calauetiana (d'Orb.) var. *globosa* n. var. 307, **455**, 467, 471.
Itieria moreana (d'Orb.). 449.
Itieria multicornata Zitt. 453.
Itieria nebrodensis G. Gemm. 455.
Itieria ovalis G. Gemm. 450.
Itieria renevieri de Lor. 385, 386, 454.
Itieria rugifera Zitt. 451.
Itieria staszycii (Zeuschn.) var. *helvetica* Zitt. 452.
Itieria staszycii (Zeuschn.) var. *typica* Zitt. 452.
Janira atava (Rœm.). 340, 343.
Janira neocomiensis d'Orb. 340.
Latimaeandra bonanomii Koby. 328.
Latimaeandra gresslyi Koby. 328.
Latimaeandra valfinensis Koby. 328.
Latimaeandra variabilis Et. 328.
Leopoldia castellanensis (d'Orb.). 340.
Leopoldia leopoldi (d'Orb.). 340.
Leptophyllia fromenteli Et. 328.
Lima baylei G. Gemm. 402.
Lima comatula Buv. 385, 482.
Lima comatula de Lor. 482.
Lima erctensis G. Gemm. 307, **402**, 470.
Lima monetieri n. sp. 328, **482**, 489, 490.
Lima orbignyana Math. 344.
Lima salevensis de Lor. 307, 386, **402**, 467, 470.
Lima thisbe de Lor. 307, **402**, 470.
Limatula salevensis (de Lor.). 307, **402**, 467, 470.
Limnea sp. **478**, 479.
Lioplax inflata Sandb. 316, **477**, 479.
Lissoceras elimatum (Opp.). 467.
Lissoceras grasi (d'Orb.). 340, 343.
Lissochilus tithonicus n. sp. 308, **429**, 466, 471.
Lithodomus luci de Lor. 328, 385, **483**, 489, 490.
Matheronia Mun. Chalm. 413, 415, 419, 420, 468, 469.
Matheronia aptiensis (Math.). 345, 413.
Matheronia romani Paq. 412, 469.
Matheronia salevensis n. sp. 306, 307, 334, **410**, 413, 419, 467 à 470.
Matheronia sp. 302, 303.
Matheronia strambergensis (Blaschke). 412, 469.
Matheronia virginiae (A. Gras.). 413.
Megerlea aff. *loryi* Pict. 307, **396**, 470.
Megerlea pectunculoides (Schloth.). 307, **396**, 470.
Megerlea petersi Hohenegg. 307, **396**, 470.

Melanopsis sp. 346.
Modiola montmollini (P. et C.). 329, 332, 490.
Monnieria Paq. 413.
Monopleura Math. 416, 419.
Mortoniceras cultratum (d'Orb.) 340. 343.
Mytilus moravicus G. Bœhm. 403.
Mytilus subornatus Et. 307, **403**, 470.
Narica mortilleti (de Lor.). 307, **432**, 467, 471.
Natica barottei de Lor. 317, **472**, 479.
Natica dejanira d'Orb. 328, 385, **486**, 489, 490.
Natica florae de Lor. 317, **472**, 479.
Natica fourneti Guir. et Og. 307, **431**, 471.
Natica hemispherica Rœm. 313, 317, **472**, 479, 480.
Natica leviathan P. et C. 324, 327 à 332, 334, 490.
Natica pidanceti Coq. 329, 332, 490.
Natica sp. 312, 346.
Nautilus neocomiensis d'Orb. 340.
Nautilus pseudoelegans d'Orb. 340.
Nerinea Defr. 448, 449.
Nerinea binodosa Et. 306, 308, **441**, 442, 466, 471.
Nerinea concinna n. sp. 317, **475**, 479.
Nerinea conoidea Peters. 449.
Nerinea crispa Zeuschn. 449.
Nerinea defrancei Desh. 385, **487**.
Nerinea depressa Voltz. 385.
Nerinea dilatata d'Orb. 307, 328, 386, **447**, 471, **487**, 409, 490.
Nerinea cfr. *essertensis* P. et C. 345.
Nerinea farrina P. et C. 332, 334, 490.
Nerinea funifera P. et C. 332, 490.
Nerinea grata n. sp. 307, **445**, 467, 471.
Nerinea hoheneggeri Peters. 306 à 308, **444** à 446, 471.
Nerinea jeanjeani Roman. 306, 307, **443**, 471.
Nerinea marcousana d'Orb. 332, 334, 448, 490.
Nerinea meneghini G. Gemm. 457.
Nerinea minima n. sp. 313, 317, **474**, 479.
Nerinea moreana d'Orb. 386. 449.
Nerinea moreana Ooster. 450.
Nerinea paucicostata n. sp. 307, **446**, 467, 471.
Nerinea posthuma Zitt. 487.
Nerinea quinqueplicata G. Gemm. 459.
Nerinea robusta n. sp. 307, 308, **441**, 466, 467, 471.
Nerinea salevensis de Lor. 308, 386, **443**, 466, 471.
Nerinea sphinxi n. sp. 308, **448**, 466, 467, 471.
Nerinea thurmanni Et. 308. **447**, 466, 471, 487.
Nerinea trinodosa Voltz. 310.
Nerinea valdensis P. et C. 448.
Nerinea wrosinskiana Zeuschner 448.
Nerinella cochlea G. Gemm. 464.
Nerinella cochleoides (Zitt.). 464.
Nerinella retrogressa (Et.). 464.
Nerita sp. 317, 477, 479.
Nerita sulcatina Buv. 429.
Nerita sulcatina G. Gemm. 429.
Nerita tithonica n. sp. 308, **429**, 466, 471.
Neritopsis mortilleti de Lor. 386.
Nucleolites roberti A. Gras. 345.
Nucleopygus roberti Ag. 343 à 345.
Oonia amygdaloides (Zitt.). 306, 307, **433**, 471.
Opercule indéterminé. **428**.
Opis sp. 317, 477, 479.
Oppelia lithographica (Opp.). 467.
Oppelia tenuilobata (Opp.). 304.
Organisme A. 312, 313, **315**.
Organisme B. 311 à 313, **315**.
Ostrea hastellata Schloth. 399.
Ostrea leymerii d'Orb. 337.
Ostrea rectangularis Rœm. 342.
Ostrea tuberculifera Koch et Dunker. 344.
Ostea virgula Goldf. 304.
Pachyceras gigas (Ziet.). 310.
Pachyceras gravesianum (d'Orb.). 468.
Pachyceras portlandicum (de Lor.). 468.
Pachymytilus obtusus n. sp. 307, **403**, 467, 470.
Pachymytilus aff. *obtusus* n. sp. 302, 303.
Pachymytilus petasus (d'Orb.). 404.
Pachymytilus triqueter (Buv.). 404.
Patella elegans Buv. 430.
Patella haueri Zitt. 430.
Patella modesta n. sp. 307, **430**, 467.
Patella salevensis de Lor. 386.
Pecten archiacianus d'Orb. 336.
Pecten arotoplicus G. Gemm. 400.
Pecten brancoi G. Bœhm. 399.
Pecten carteronianus d'Orb. 340.
Pecten G. Bœhmi Philippi. 400.

Pecten globosus Quenst. 307, 387, **400**, 470, 481.
Pecten goldfussi Desh. 340.
Pecten aff. *nebrodensis* G. Gemm. et di Blasi. 307, **399**, 470.
Pecten rochati de Lor. 327, 328, 385, **481**, 489, 490.
Pecten rochati Remes. 400.
Pecten subspinosus (Schloth.). 307, 386, **401**, 470.
Pedina charmassei Cott. 388.
Pedina salevensis n. sp. 307, **388**, 467, 470.
Pedina sublaevis Ag. 307, **389**, 467, 470.
Perisphinctes contiguus Catullo. 467.
Perisphinctes diceratinus Schloss. 468.
Perisphinctes eudichotomus (Zitt.). 467.
Perisphinctes geron (Zitt.). 467.
Perisphinctes lorioli (Zitt.). 313, 317, **477**.
Perisphinctes polyplocus (Rein.). 303, 304, 468.
Perisphinctes richteri (Opp.). 467.
Perisphinctes transitorius (Opp.). 467.
Petersia buccinoideum Buv. 436.
Petersia corallina n. sp. 307, **437**, 467, 471.
Petersia salevensis n. sp. 307, **436**, 467, 471.
Phaneroptyxis Cossm. 451.
Phaneroptyxis moreana (d'Orb.). **449**, 467, 471.
Phaneroptyxis multicoronata (Zitt.). 307, **453**, 471.
Phaneroptyxis nogreti (Guir. et Og.). 307, **453**, 471.
Phaneroptyxis renevieri (de Lor.). 307, 328, **454**, 471, **488**, 489, 490.
Phaneroptyxis rugifera (Zitt.). 306, 307, **450**, 471.
Phaneroptyxis staszycii (Zeuschn.) var. *helvetica* (Zitt.). 307, **452**, 471.
Phaneroptyxis staszycii (Zeuschner) var. *proboscidea* Cossm. 307, **452**, 471.
Phaneroptyxis staszycii (Zitt.) var. *typica* (Zitt.). 308, **452**, 466, 471.
Pholadomya elongata Münst. var. *scaphoidea* P. et C. 332.
Pholadomya protei (Brongn.). 304.
Phyllobrissus alpinus (Ag.). 340.
Phyllobrissus neocomiensis (Ag.). 331, 332, 490.
Phymosoma peroni (Cott.). **391**.
Physa wealdiensis Coq. 316, 325, **478**, 479.
Pileolus minutus Zitt. 307, **429**, 471.
Pileolus sp. 317, 477, 479.
Pinnigena saussuri Desh. 328, 385, **483**, 489, 490.
Placunopsis pictetianus de Lor. 386, 401.
Plagiostoma erctensis (G. Gemm.). 307, **402**, 470.
Plagiostoma monetieri n. sp. **482**, 489, 490.
Plagiostoma thisbe (de Lor.). 307, **402**, 470.
Planorbis loryi (Coq.). 312, 313, 316, **478**, 479.
Plegiocidaris glandifera (Münst.). **387**.
Plesiodiceras Mun. Chalm. 414 à 421, 469.
Plesiodiceras munsteri (Goldf.). 414 à 419.
Plesiodiceras sanctae verenae (Thurm.). 417, 418.
Plesiodiceras valfinense (G. Boehm.). 414.
Pleuromya neocomiensis (Leym.). 340.
Pleuromya aff. *voltzi* Ag. 327.
Pleurosmilia genevensis Koby. 328.
Pleurotomaria bourgueti Ag. 336.
Pleurotomaria multiformis Zitt. 307, **424**, 470.
Pleurotomaria neocomiensis d'Orb. 336, 340.
Prosopon oxythyreiforme G. Gemm. 328, **489**, 490.
Protodiceras Boehm. 417, 418.
Pseudocidaris subcrenularis Gauth. 307, **389**, 470.
Pseudodesorella orbignyana (Cott.). 307, **393**, 467, 470.
Pseudodiadema bourgueti (Ag.). 340.
Pseudodiadema carthusianorum A. Gras. 345.
Pseudodiadema rotulare (Ag.). 340.
Pseudomelania calypso de Lor. **433**.
Pseudomelania calypso (d'Orb.). 386, 433.
Pseudomelania castor Zitt. 433.
Pseudomelania clio (d'Orb.). 385.
Pseudomelania corallina (d'Orb.) 473.
Pseudomelania flexicostata Zitt. 307, **433**, 471.
Pseudomelania lævis Alth. 473.
Pseudomelania nana n. sp. 317, **473**, 479.
Pseudomelania pollux (d'Orb.). 433.
Pseudonerinea de Lor. 487.
Pseudonerinea clio (d'Orb.). 307, 308, 328, **465**, 466, 471, 487, **489**, 490.
Pterocardia corallina (Leym.) var. *alata* (de Luc). 328, **421**, 486, 490.
Pterocardia corallina (Leym.) var. *buvignieri* (Desh.). 421.

Pterocardia corallina (Leym.) var. *cochleata* (Quenst.). 421.
Pterocardia corallina (Leym.) var. *valfinensis* Rollier. 307, 308, **421**, 466.
Pterocardia corallina (Leym.). var. *wimmisensis* Rollier. 421.
Pteroceras oceani (Brongn.). 304.
Ptygmatis clio (d'Orb.). 461.
Ptygmatis costulata Cossm. 448.
Ptygmatis ferruginea Cossm. 475.
Ptygmatis meneghini G. Gemm. 306, 307, **457**, 471.
Ptygmatis nodosa (Voltz). 475.
Ptygmatis pseudobruntrutana G. Gemm. 306, 308, 458, **459**, 466, 471.
Ptygmatis quinqueplicata G. Gemm. 307, **459**, 471.
Purpuroidea tschani Ooster. 307, **435**, 471.
Puzosia ligata (d'Orb.). 340, 343.
Pycnodus couloni ? Ag. 332, 491, **492**.
Pycnodus sp. 312.
Pygaulus desmoulinsi Ag. 345.
Pygurus blumenbachi (Koch et Dunk.). 385, **480**.
Pygurus montmollini (Ag.). 340.
Pygurus rostratus Ag. 332, 491.
Pyrina icaunensis (Cott.). 307, 328, **392**, 467, 470, **481**, 489, 490.
Pyrina pygaea (Ag.) Desor. 337, 343.
Requienia Math. 419, 420.
Requienia pellati Paquier. 345.
Rhipidogyra minima Koby. 328.
Rhynchonella lacunosa (Schloth.). 386, **394**.
Rhynchonella corallina Leym. var. *neocomiensis* Jacob et Fallot. 327, 328, 330, 332, **481**, 489.
Rynchonella astieriana d'Orb. 303, 307, 386, **394**. 470.
Rhynchonella multiformis Rœm. 340.
Rhynchonella parvirostris Sow. 345.
Rhynchonella pinguis Rœm. 301. 302. 394.
Saynella clypeiformis (d'Orb.). 340.
Scurriopsis salevensis (de Lor.). 307, **430**, 467, 471.
Senectus salevensis n. sp. 307, **428**, 467.
Spirocyclina choffati Mun. Chalm. 492.
Spirocyclina erratica n. sp. 329, 331, 332, 490, **491**.
Spiticeras pronum (Opp.). 467.
Spondylopecten G. Bœhmi Philippi. 400.
Spondylopecten globosus (Quenst.). 303, 307, **400**, 470, 481.
Spondylus pictetianus (de Lor.). 307, **401**, 470.
Spondylus tithonius G. Bœhm. 401.
Stomechinus perlatus Desm. **392**.
Tectus Montf. 426.
Terebratula acuta Quenst. 340.
Terebratula bauhini Et. 301, 302.
Terebratula bieskidensis Zeuschn. 386, **398**.
Terebratula carteroni d'Orb. 327.
Terebratula cotteaui H. Douv. 302.
Terebratula czapskiana Zeuschn. 395.
Terebratula formosa Suess. 302, 307, 386, **397**, 470.
Terebratula insignis Schübl. 302, 307, 386, **397**, 467, 470.
Terebratula magasiformis Zeuschn. 395.
Terebratula moravica Glock. 307, 386, **397**, 470.
Terebratella pectunculoides (Schloth.). 396
Terebratula praelonga Sow. 337.
Terebratula russillensis de Lor. 344.
Terebratula tichaviensis Suess. 302.
Terebratula valdensis de Lor. 329 à 332, 490.
Terebratulina substriata (Schloth.). 307, **398**, 470.
Thamnastrea bourgeati Koby 328.
Thamnastrea coquandi Et. 328.
Thamnastrea genevensis Defr. 328.
Thamnastrea loryi E. et H. 328.
Thiollericrinus heberti (de Lor.). 301 à 303, 307, **386**, 470.
Toxaster. 326.
Toxaster granosus d'Orb. 327, 329, 330, 332, 490.
Toxaster cfr. *granosus* d'Orb. 327.
Toxaster retusus (Lm.). 337, 338, 340, 341.
Toxaster sp. 327.
Toucasia Mun. Chalm. 414. 419, 420.
Toucasia transversa Paq. 485.
Trichites mytiliformis Ooster. 404.
Trigonia caudata Ag. 340.
Trigonia ornata d'Orb. 344.
Trochotoma mastoidea (Et.). 307, **426**, 470.
Trochus L. 426.
Trochus beyrichi Zitt. 427.
Trochus crassiplicatus Et. 427.
Trochus dædalus d'Orb. 427.
Trochus frumentum P. et C 427.

Trochus luciensis d'Orb. 427.
Trochus massalongoi G. Gemm. 307, 426, **427**, 471.
Trochus plicatogranulosus Münst. 427.
Trochus stramberyensis Zitt. 427.
Trochus zenobius d'Orb. 427.
Turbo eryx d'Orb. 428.
Turbo paschasius Guir. et Og. 428.
Turbo salevensis n. sp. 307, **428**, 467, 471.
Turritella excavata Sow. 476.
Tylostoma rochatianum P. et C. 345.
Valletia Mun. Chalm. 416 à 420, 468.
Valletia antiqua n. sp. 306, 307, 334, **415**, 416, 467, 470.
Valletia germani (P. et C.). 416.
Valletia lorioli (P. et C.). 416.
Valletia michaillensis (P. et C.). 416.
Valletia pilleti Mun. Chalm. 416.
Valletia tombecki Mun. Chalm. 416.
Valvata helicoides Forbes. 312, 313, 316, **477**, 479.
Volvocylindrites sp. 317, 477, 479.
Waldheimia humeralis Rœm. 395.
Waldheimia lugubris Suess. 394.
Waldheimia magadiformis (Zeuschn.). 395.
Zeilleria aff. *haheneggeri* (Suess). 327.
Zeilleria humeralis (Rœm.) 301, 302, 307, **395**, 470.
Zeilleria lugubris Roman. 395.
Zeilleria lugubris (Suess). 307, **394**, 470.
Zeilleria magasiformis (Zeuschn.). 307, **395**, 470.
Zeilleria pseudojurensis (Leym.). 340.
Zittelia gemmellaroi Zitt 440.
Zittelia globosa Brösamlen. 440.
Zittelia oppeli (Et.). 307, **440**, 471.
Zittelia picteti G. Gemm. 307, **440**, 471.

ERRATUM

Dans le volume 37, les planches VI à XXXIV auraient dû être numérotées 6 à 34, conformément à la numérotation arabe en usage dans ces Mémoires. Cette dernière numérotation a été employée dans le texte du mémoire de MM. E. Joukowsky et J. Favre sur le Salève.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

AVANT-PROPOS 295

CHAPITRE PREMIER

LEVÉS DES CARTES TOPOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE 297

CHAPITRE II

STRATIGRAPHIE

Généralités 299
Jurassique 301
KIMERIDGIEN.
Description 301
Comparaison avec les régions voisines 304
PORTLANDIEN.
Portlandien inférieur 305
Calcaire moucheté 308
Portlandien supérieur 309
Comparaison avec les régions voisines 310
PURBECKIEN.
Description 310
Couches marines de la partie inférieure du Purbeckien. — Les couches d'eau douce. — Formations mixtes couronnant l'étage. — Les brèches à cailloux multicolores. — Origine des cailloux. — Mode de formation des brèches
Distribution du Purbeckien au Salève 320
Comparaison avec les régions voisines 322
Mode de formation du Purbeckien dans le Jura méridional 323
Histoire de la découverte du Purbeckien au Salève 324
Crétacé 326
INFRAVALANGINIEN.
Assise à *Heterodiceras luci* 327
Assise à *Natica leviathan* 329
Détermination de l'âge des couches à *Heterodiceras luci* 332
Observations sur les divisions de l'Infravalanginien établies par A. FAVRE . 334
Comparaison de l'Infravalanginien du Salève avec celui des régions voisines 334

Pages

Valanginien.
Description 335
Comparaison avec les régions voisines 337
Hauterivien.
Partie inférieure 337
Partie supérieure 340
Répartition de l'Hauterivien 341
Divisions de l'Hauterivien établies par A. Favre 341
Comparaison avec les régions voisines 342
Barrémien.
Barrémien inférieur 343
Barrémien supérieur 344
Aptien 344
Albien 345
Tertiaire.
Sidérolitique 346
Molasse 349
Quaternaire.
Terrains glaciaires 349
Moraine alpine. — Fluvio-glaciaire alpin. — Moraine de fond salévienne. — Groise.
Age des formations glaciaires du Salève 352
Région du Mont-de-Sion et de Cruseilles. — Extrémité nord-orientale du Salève.
Dépots post-glaciaires et actuels 356

CHAPITRE III

TECTONIQUE

Aperçu topographique 357
Etude tectonique 358
Petit Salève, Grand Salève et décrochement du Coin. 359
Dislocations longitudinales. — Dislocations transversales. — Le décrochement du Coin.
Partie nord-orientale des Pitons et décrochement de Pomier 368
Dislocations longitudinales. — Dislocations transversales. — Le décrochement de Pomier.
Partie sud-occidentale et décrochement de l'Abergement. Région de l'Abergement et décrochement de Cruseilles 372
Région de Cruseilles et décrochement de la Caille. 374
La montagne de la Caille et le Crêt à la Dame. Décrochement de Mandalaz. 376
La montagne de la Balme et le décrochement de Sillingy 377
Le coteau de Lovagny 377
Age des Dislocations du Salève. 378
Hypothèse expliquant la structure en décrochements de la chaine du Salève 379

CHAPITRE IV

MORPHOLOGIE

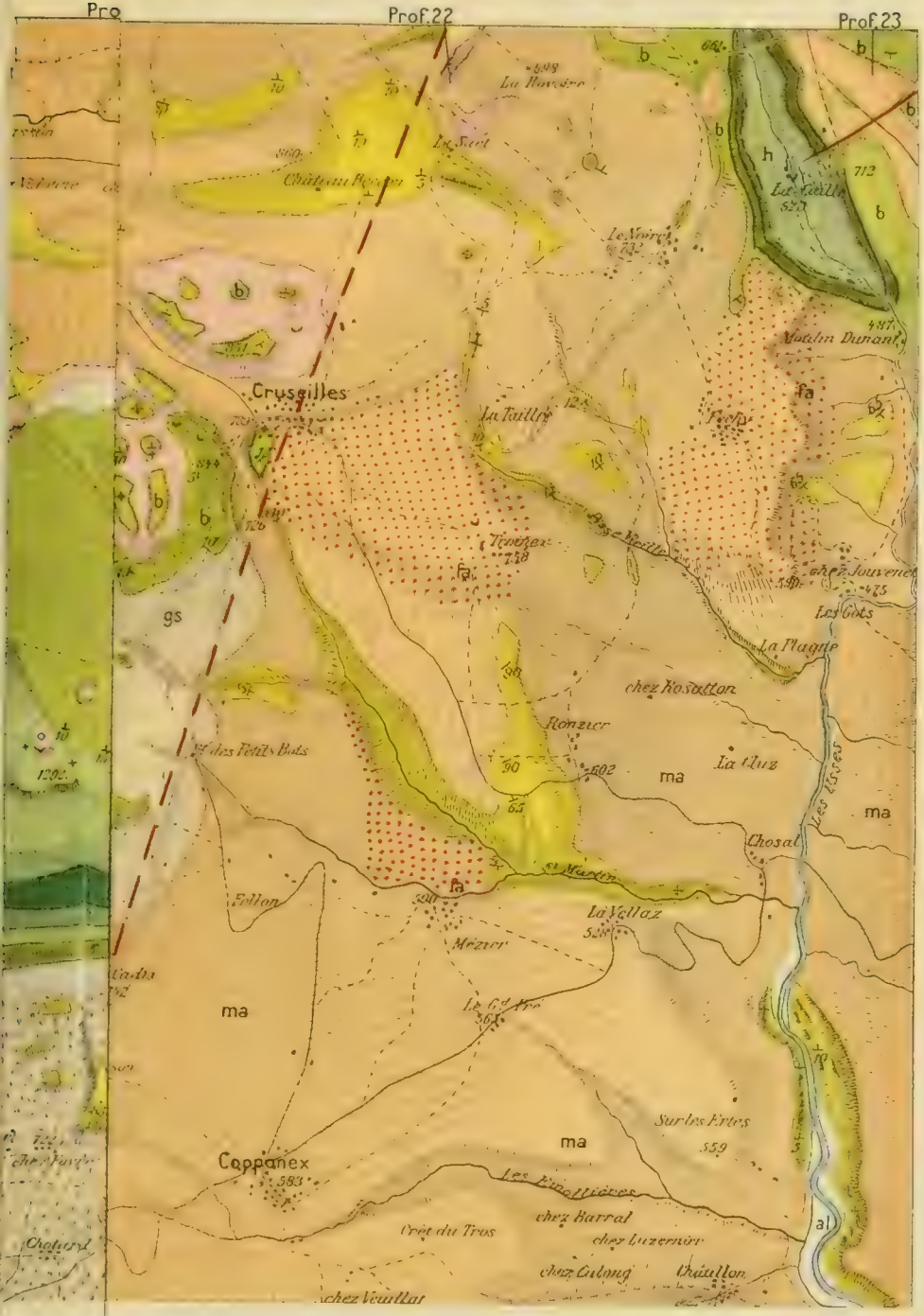
Pages

Relations entre les formes topographiques actuelles et la tectonique 380
Formes du relief dont l'origine n'est pas due à des causes tectoniques 381
Phénomènes de capture 383

CHAPITRE V

PALÉONTOLOGIE

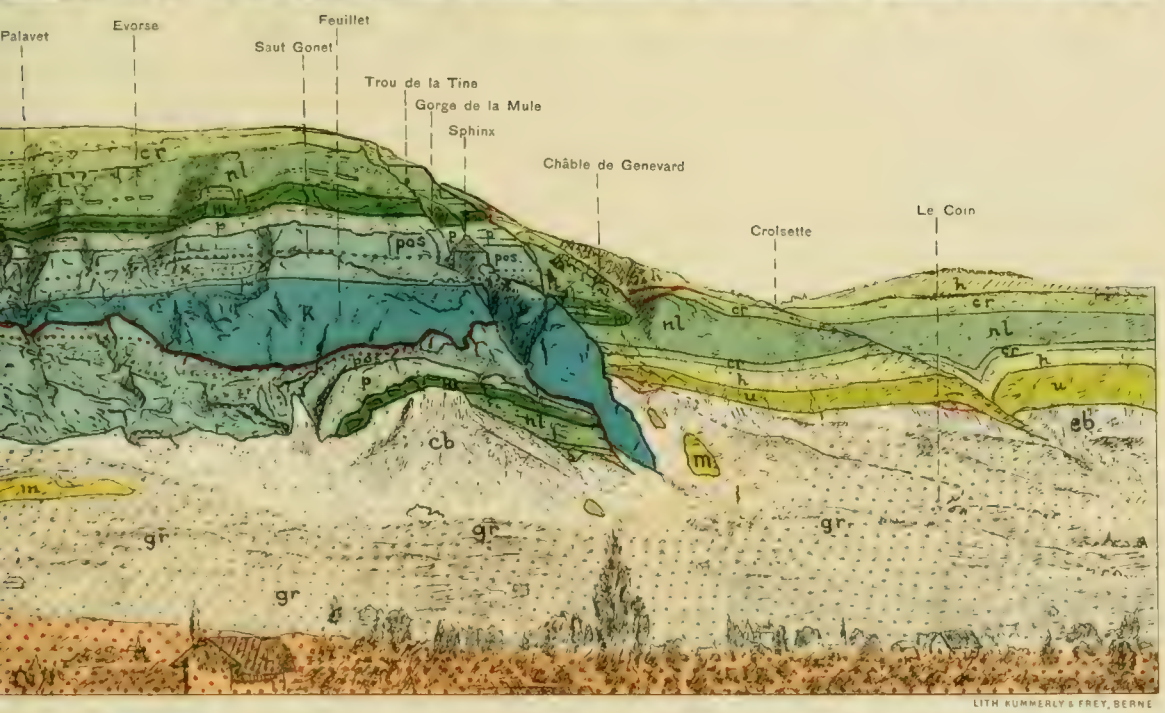
Faune du Tithonique inférieur.
Etudes antérieures 385
Echinodermes 386
Brachiopodes 394
Mollusques lamellibranches 398
Mollusques gastéropodes 424
Mollusques céphalopodes 465
Conclusions 466
Faune du Purbeckien.
Faunule marine de la partie supérieure du Purbeckien 472
Faune d'eau douce du Purbeckien 477
Conclusions 479
Faune de l'Infravalanginien.
Assise à *Heterodiceras luci* 480
Assise à *Natica leviathan* 490
Liste des publications géologiques concernant la chaine du Salève 493
Bibliographie paléontologique 504
Index alphabétique des auteurs 509
Index alphabétique des localités 510
Index alphabétique des fossiles 513
Erratum 519


Prof.22
Prof.23
Crussilles
Coppanex
Chosal
Les Ors
La Plagne
chez Rosatton
Ronzier
La Cluz
Les Tires
Les Vignettes
chez Barral
chez Luzernier
Chaillon
Sur les Frêtes
Mézier
La Vellaz
Fellon
Les Frêts Bots
Tenevez
Le Verney
Vaulin Dumont
Les Cieux
chez Jouvenet
Les Cieux
Crêt du Tros
chez Veuillat
chez Culong
ma
fa
gs
al
b
h

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI

Cette carte, qui est le tirage en noir de la carte géologique, a pour but de faciliter la lecture des noms, et permet de se rendre compte des détails topographiques qui disparaissent sous les teintes représentant les terrains. Pour tous les signes conventionnels, voir la légende de la carte en couleurs.

e géologique



LITH KUMMERLY & FREY, BERNE

ma: Moraine alpine
fa: Fluvio-glaciaire alpin

Groise
(Formations glaciaires locales)

Eboulis

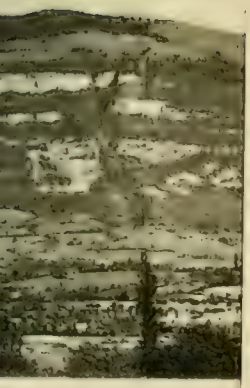
Fossiles Failles

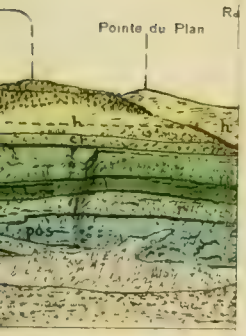
Sentier

Le Grand Salève

vue prise de Grange Collomb

Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, vol. 37 pl. VII





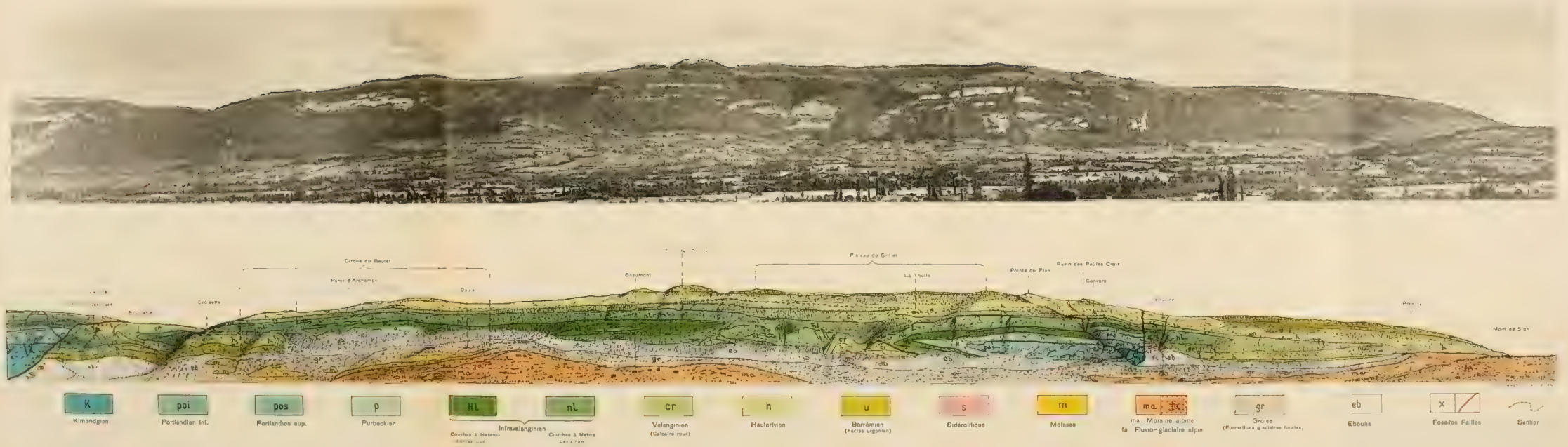
que

Mol

Les Pitons

vue prise de Fort S^{te}-Catherine

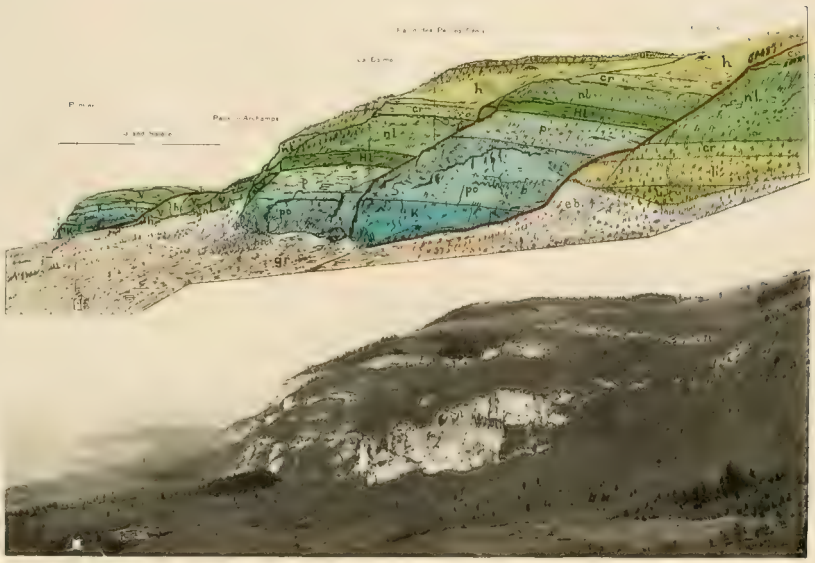
Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, vol. 37 pl. VIII



Grand Salève et Pitons

vue prise des environs de St. Blaise

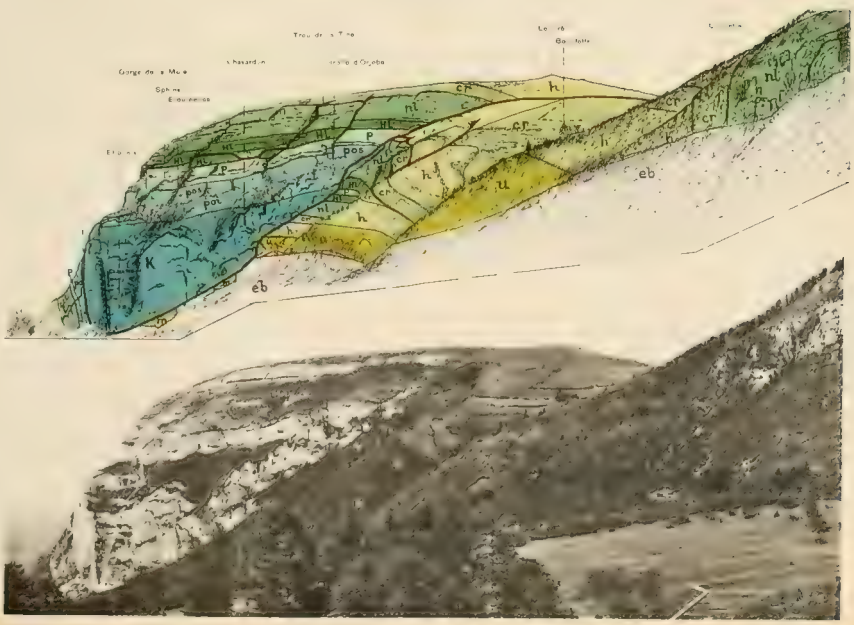
Décrochements du Coin et de Pomier

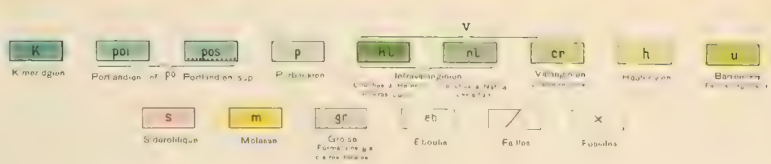


Grand Salève

vue prise du Beulet

Décrochement du Coin





EXPLICATION DE LA PLANCHE X

Fig. 1. Versant SW. du vallon de Monnetier montrant le gisement classique de l'Infravalanginien du Salève.

cs, Carrière supérieure.
cm, Carrière moyenne.
ci, Carrière inférieure.
nc, Déblais de l'ancienne carrière où DE LUC a recueilli ses *Heterodiceras luci*.
f, Failles. Celle de gauche est la faille de la Petite Gorge.
Po, Portlandien. *P*, Purbeckien (*br*, grande brèche à cailloux multicolores). iv_1, Assise à *Heterodiceras luci*. iv_2, Assise à *Natica leviathan*. *v*, Valanginien (Calcaire roux). *h*, Hauterivien.

Fig. 2. Versant NE. de la Petite Gorge. Faille de la Petite Gorge.

iv_2, Assise à *Natica leviathan*. *v*, Valanginien (Calcaire roux). *h*, Hauterivien. *u*, Barrémien (faciès urgonien).
f, Faille. *Br*, Brèche de friction dans la faille.

Fig. 3. Versant NE. de la gorge de la Varappe, montrant la série continue des couches, du Purbeckien au Valanginien, où ont été relevées les coupes, figures 8 et 9 du texte.

P, Purbeckien. iv_1, Assise à *Heterodiceras luci*. iv_2, Assise à *Natica leviathan*. *v*, Valanginien (Calcaire roux).

Fig. 1.

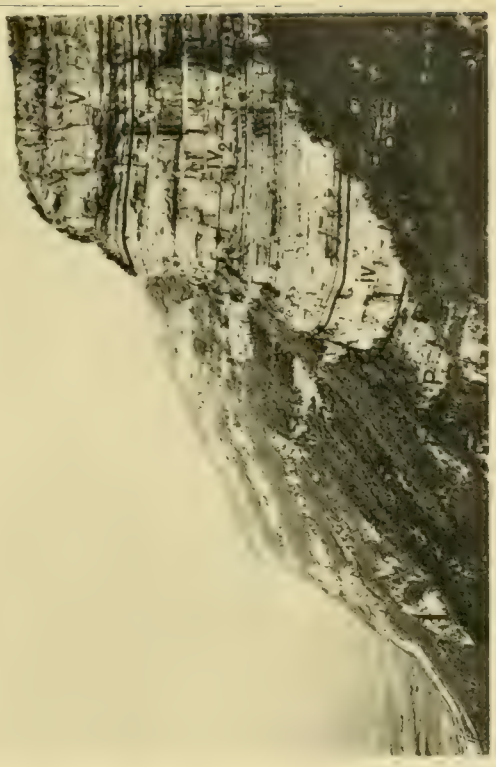


Fig. 3

Fig. 2

E. JOUKOWSKY et J. FAVRE. *Monographie géologique et palæontologique du Salève.*

EXPLICATION DE LA PLANCHE XI

Fig. 1. Vue prise de la Tour aux Milans vers le NE. montrant le pli-faille du Grand Salève au-dessus des carrières de Veyrier (le point de vue est indiqué sur la planche VII).

Fig. 2. Vue prise de la Tour aux Milans vers le SW. montrant le pli-faille du Grand Salève près de la Petite Gorge.

Poi, Portlandien inférieur. *Pos.* Portlandien supérieur. *P*, Purbeckien. iv_1, assise à *Heterodiceras luci*. iv_2, assise à *Natica leviathan*. *v*, Valanginien (Calcaire roux). *h*, Hauterivien.

f, pli-faille.

Fig. 1.

Fig. 2.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII

Les profils de cette planche ont été tracés en conservant leur position relative dans le sens transversal à l'axe du pli. Le rejet des décrochements est à l'échelle de la figure. Les traces des profils sont indiquées avec leurs numéros sur la carte géologique.

Les profils n^{os} 11 et 12 sont coudés.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIII

Fig. 1. **Purbeckien.** Coupe mince de calcaire à *Chara*. N° 22 de la coupe figure 5 du texte. Gross. × 20.

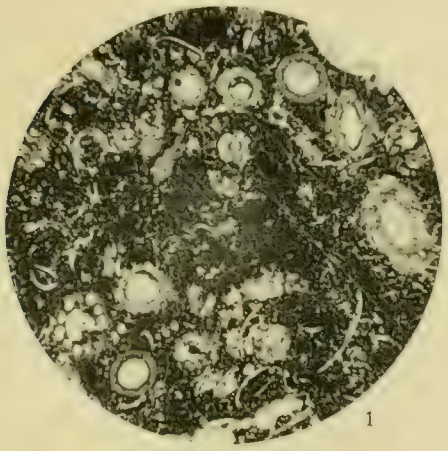
Fig. 2. **Purbeckien.** Graine et tiges de *Chara*. N° 22 de la coupe figure 5 du texte. Gross. × 70.

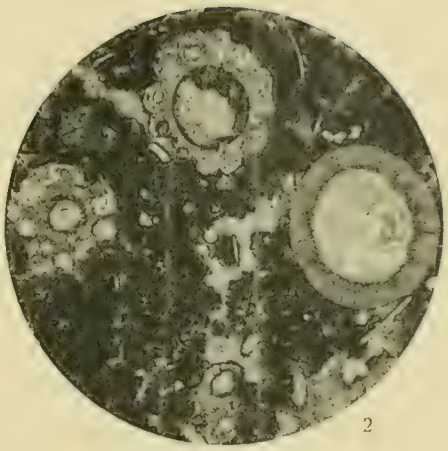
Fig. 3. **Purbeckien.** Tige de *Chara*. N° 22 de la coupe figure 5 du texte. Gross. × 70.

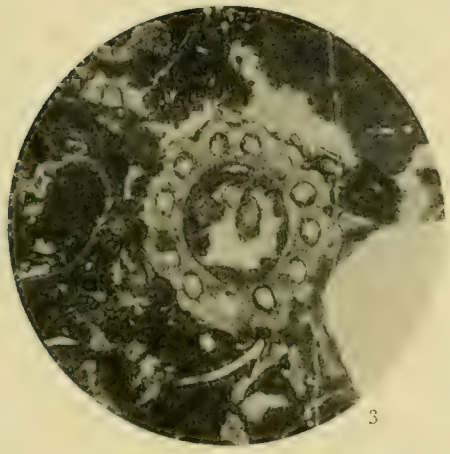
Fig. 4. **Purbeckien.** Graine de *Chara*. N° 16 de la coupe figure 5 du texte. Gross. × 70.

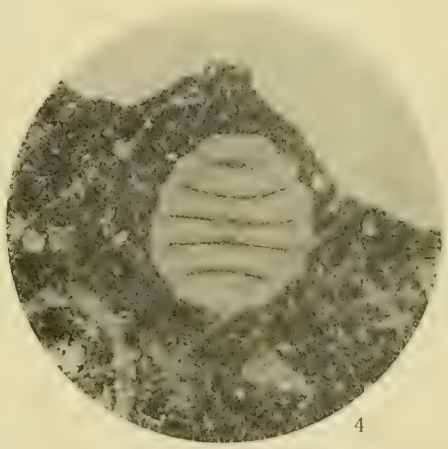
Fig. 5. **Purbeckien.** Graine de *Chara*. N° 22 de la coupe figure 4 du texte. Gross. × 70.

Fig. 6. **Purbeckien.** Graine de *Chara*. N° 16 de la coupe figure 5 du texte. Gross. × 70.

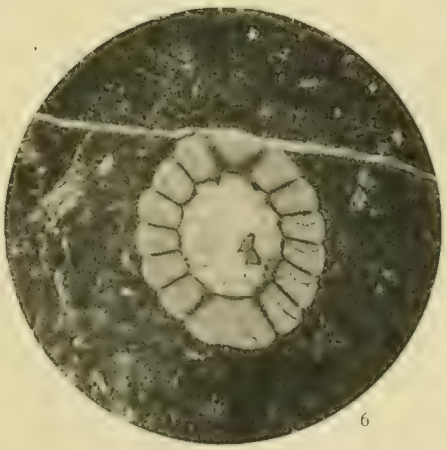

1


2


3


4

5


6

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIV

Fig. 1. **Purbeckien.** *Organisme* B constituant à lui seul les oolites du calcaire oolitique n° 4 de la coupe figure 5 du texte. Gross. $\times$ 20.

Fig. 2. **Purbeckien.** *Organisme* A. Couche n° 14 de la coupe figure 4 du texte. Gross. $\times$ 20.

Fig. 3. **Infravalanginien.** Calcaire oolitique à *Foraminifères*. Partie inférieure de la couche n° 12 de la coupe figure 9 du texte. Gross. $\times$ 20.

Fig. 4. **Valanginien.** Microbrèche zoogène. Partie supérieure de la couche n° 2 de la coupe figure 10 du texte. Gross. $\times$ 20.

d, Débris d'organismes.

q, Quartz.

Fig. 5. **Hauterivien.** Microbrèche zoogène avec Quartz et Glauconie. Couche n° 11 de la coupe figure 11 du texte. Gross. $\times$ 20.

c, Calcite.

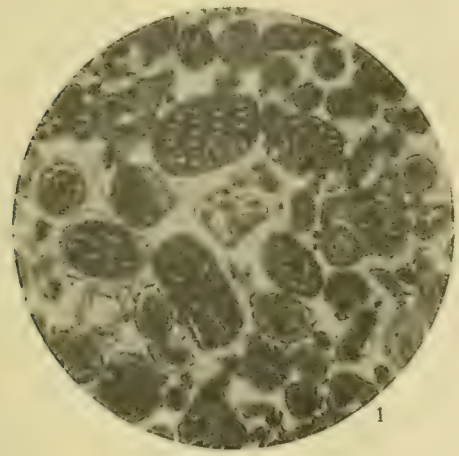
d, Débris d'organisme avec taches de Glauconie.

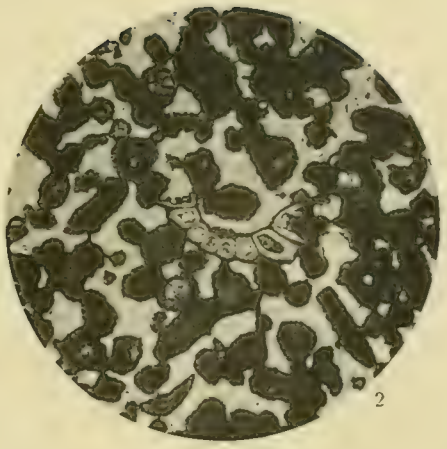
q, Quartz.

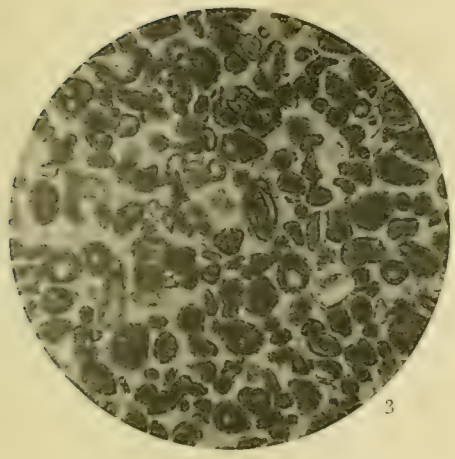
Fig. 6. **Hauterivien.** Marno-calcaire gréseux très riche en Glauconie. Couche n° 9 de la coupe figure 11 du texte. Gross. $\times$ 20.

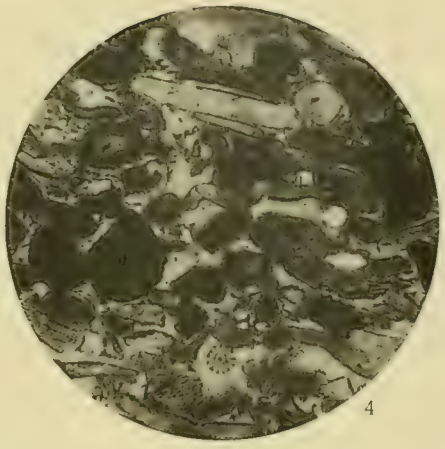
g, Glauconie.

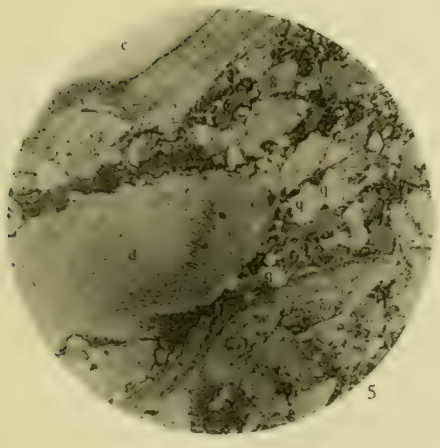
q, Quartz.


1

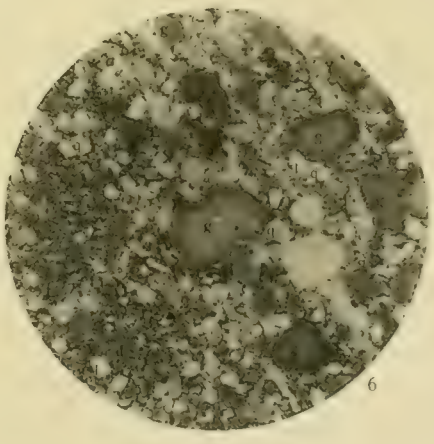

2


3


4



5


6

EXPLICATION DE LA PLANCHE XV

Fig. 1.-6. *Thiollericrinus heberti* (de Lor.). 1, Calice, face supérieure. 2, Autre calice, face articulaire. 3 à 5, Articles de la tige. 6, Article de la tige dont les facettes articulaires ont la même orientation. Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 7. *Cidaris (Plegiocidaris) glandifera* Münst., radiole, Kimeridgien inférieur. Etiollets.

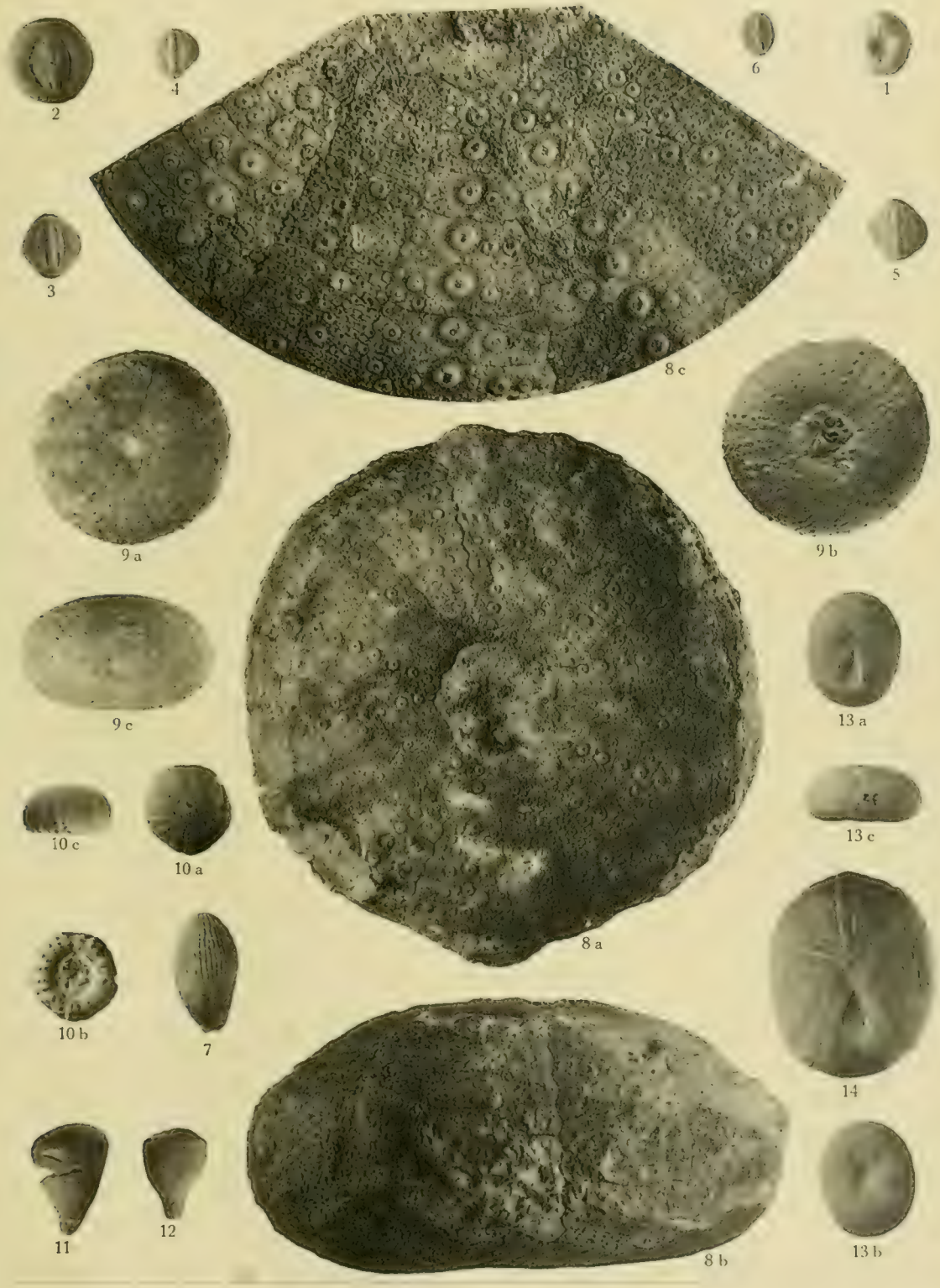
Fig. 8. *Pedina salevensis* n. sp., 8*a*, *b*, gr. nat.; 8*c*, fragment du test de la face inférieure du même individu, gross. × 2. Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 9, *a*, *b*, *c*. *Pedina sublaevis* Ag., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 10, *a*, *b*, *c*. *Codiopsis lorini* Cott., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 11, 12. *Pseudocidaris (?) subcrenularis* Gauth., radioles, gr. nat., Portlandien inférieur, Chavardon et bas de la Grande Gorge.

Fig. 13 et 14. *Pyrina icaunensis* (Cott.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.


2
4
6
1
3
8 c
5
9 a
9 b
9 c
13 a
10 c
10 a
13 c
8 a
10 b
7
14
11
12
8 b
13 b

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVI

Fig. 1-2. *Pyrina icaunensis* (Cott.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 3-4. *Pseudodesorella orbignyana* (Cott.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 5-6. *Zeilleria lugubris* (Suess), gr. nat., Portlandien inférieur ; fig. 5, des rochers de la Balme au-dessus de Pomier ; fig. 6, du bas de la Grande Gorge.

Fig. 7. *Zeilleria magasiformis* (Zeuschn.), gr. nat., Portlandien inférieur, bas de la Grande Gorge.

Fig. 8-9. *Zeilleria humeralis* (Rœm.), gr. nat., Portlandien inférieur, bas de la Grande Gorge.

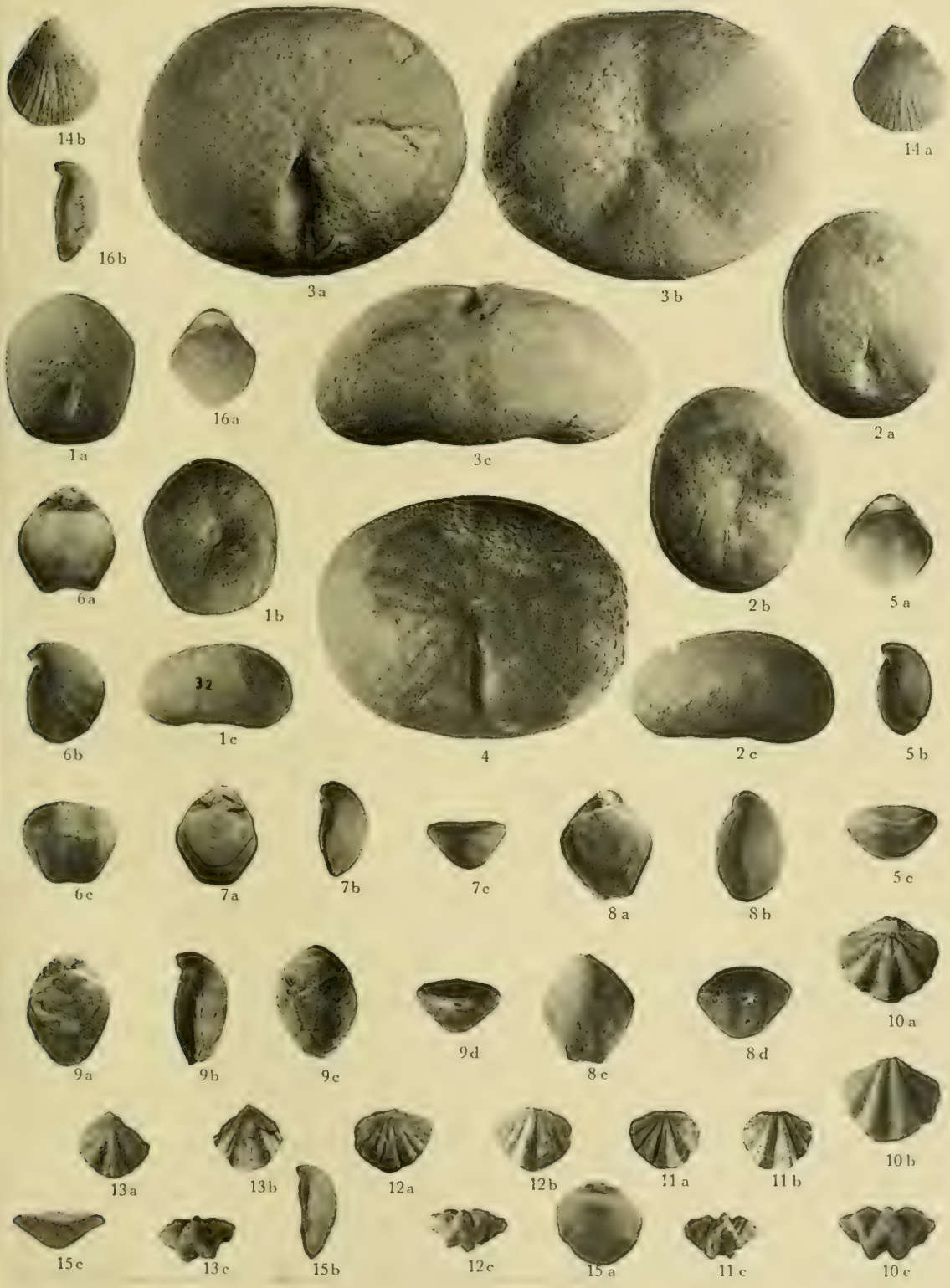
Fig. 10-11. *Megerlea pectunculoides* (Schloth.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 12. *Megerlea petersi* Suess, gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 13. *Megerlea* aff. *loryi* ? Pict., gr. nat., Portlandien inférieur.

Fig. 14. *Terebratulina substriata* (Schloth.), gross. $\times 2\ ^1/_2$, Portlandien inférieur, rochers de la Balme au-dessus de Pomier.

Fig. 15-16. *Zeilleria magasiformis* (Zeuschn.), Portlandien inférieur ; fig. 15, gross. $\times 1\ ^1/_2$, haut des Etiollets ; fig. 16, gr. nat., Pas de l'Echelle.


14b
14a
16b
3a
3b
1a
16a
3c
2a
6a
1b
2b
5a
6b
1c
4
2c
5b
6c
7a
7b
7c
8a
8b
5c
9a
9b
9c
9d
8c
8d
10a
13a
13b
12a
12b
11a
11b
10b
15c
13c
15b
12c
15a
11c
10c

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVII

Fig. 1-2. *Alectryonia hastellata* (Schloth.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 3-6. *Pecten (Spondylopecten) globosus* Quenst. emend. Philippi, gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 7. *Pecten* aff. *nebrodensis* G. Gemm. et di Blasi, gross. $\times$ 1 $^1/_2$. Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 8. *Lima (Plagiostoma) erctensis* G. Gemm., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 9-10. *Lima (Plagiostoma) thisbe* de Lor., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 11-14. *Mytilus subornatus* Et., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 15-16. *Pachymytilus obtusus* n. sp., gr. nat , Portlandien inférieur, haut des Etiollets; fig. 15, valve gauche d'un individu de taille normale; fig. 16, valve gauche d'un jeune individu.

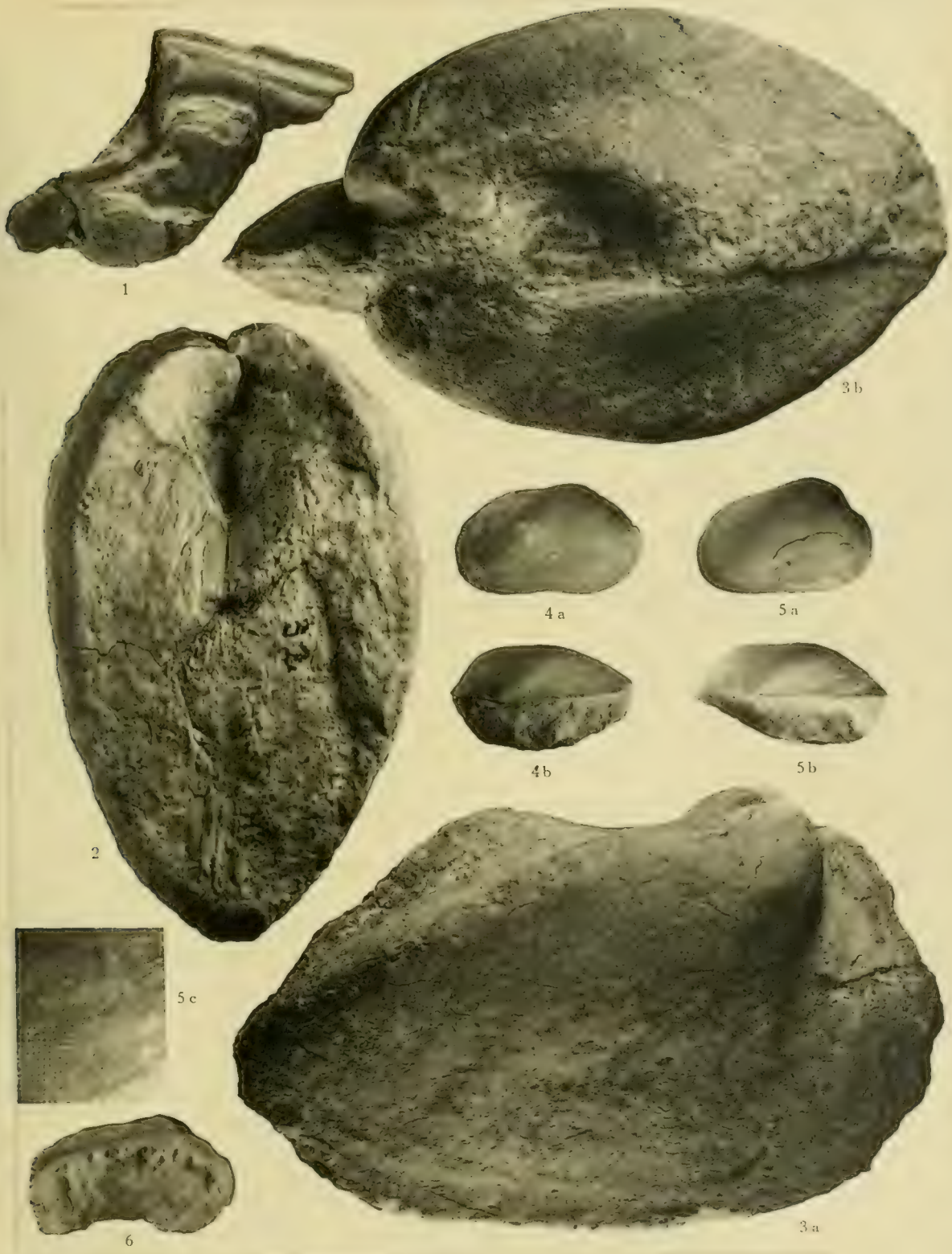
Fig. 17-18. *Spondylus pictetianus* (de Lor.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets; fig. 17, valve droite; fig. 18, valve gauche.

1
2
3 a
3 b
4
5
6
7
8 a
8 b
8 c
9
10
11 a
11 b
12 a
12 b
13
14
15
16
17
18

EXLPICATION DE LA PLANCHE XVIII

Fig. 1-3. *Pachymytilus obtusus* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets; fig. 1. valve droite; fig. 2, vue antérieure d'un autre individu; fig. 3 *a*, moule interne, empreinte de la valve gauche; fig. 3 *b*, même moule interne, partie supérieure.

Fig. 4-6. *Arca (Barbatia) gracilicostata* n. sp., Portlandien inférieur, haut des Etiollets; fig. 4, 5 *a*, 5 *b*, 6, gr. nat.; fig. 5 *c*, portion du test de l'individu fig. 5, gross. $\times$ 4.


1
3b
2
4a
5a
4b
5b
5c
3a
6

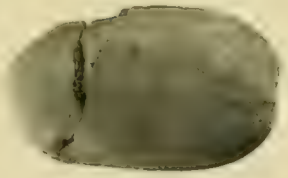
EXPLICATION DE LA PLANCHE XIX

Fig. 1-6. *Isoarca* aff. *eminens* Quenst., Portlandien inférieur, haut des Etiollets; fig. 1, 2, 3 *a*, *b*, 4, 5, 6, gr. nat.; fig. 3 *c* portion du test de l'individu fig. 3, gross. $\times$ 4.

Fig. 7-9. *Corbis valfinensis* de Lor., gr. nat., Portlandien inférieur; fig. 7 et 9, partie supérieure de la gorge de la Mule; fig. 8, Chavardon.

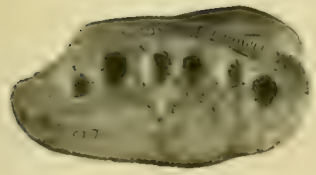
Fig. 10-12. *Diceras speciosum* Münst., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets, forme typique.

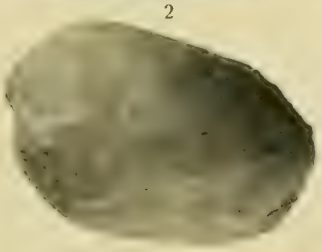
1a


2

4a

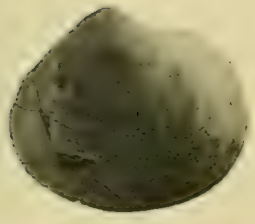
3c


1b

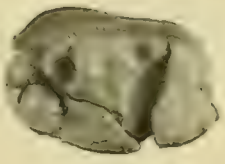

3a

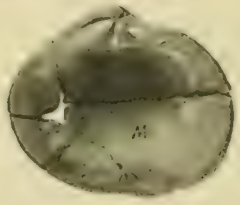
3b

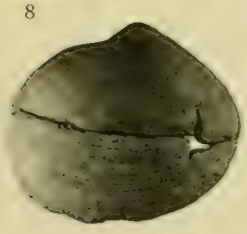
4b


8

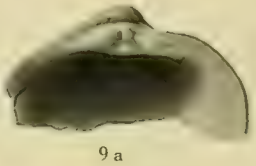
5


6


7a


7b

10


9a

9b

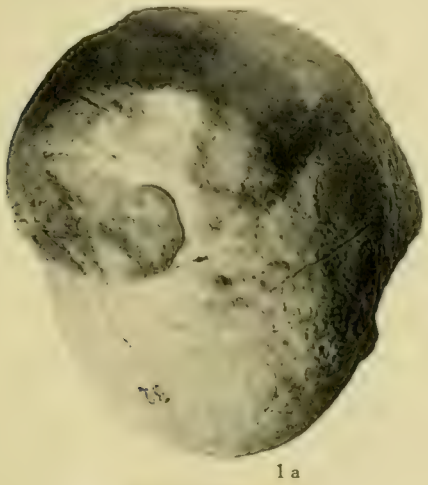
11

12

EXPLICATION DE LA PLANCHE XX

Fig. 1-2. *Diceras speciosum* Münst., forme typique, gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

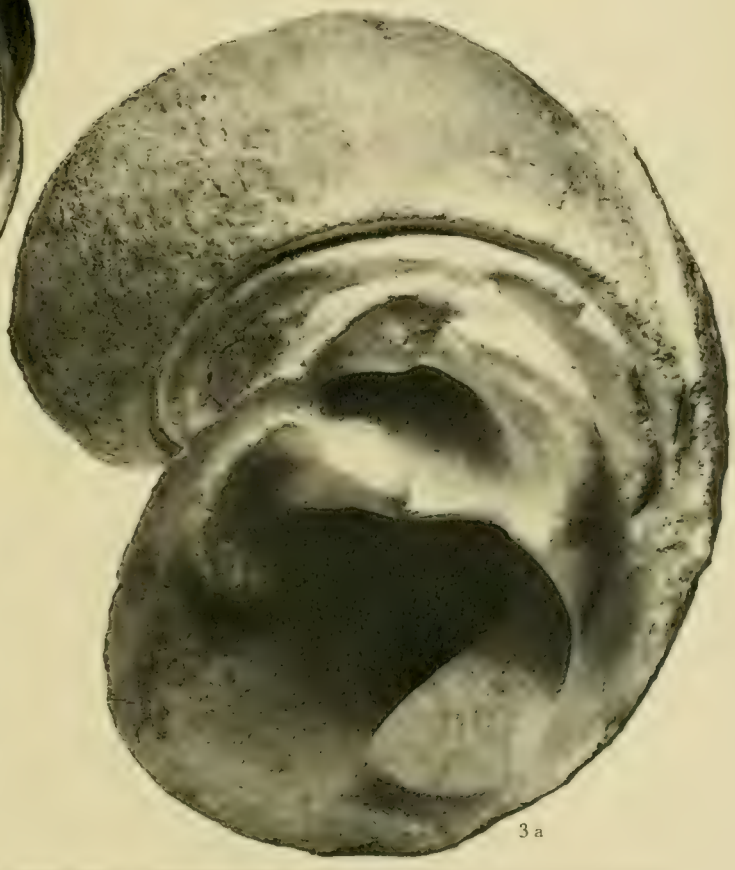
Fig. 3. *Diceras speciosum* Münst., variété A. Portlandien inférieur, à 300^{m} au NE. de la Petite Gorge; 3 *a*, gr. nat.; 3 *b*, gross. $\times$ $^{1}/_{2}$.



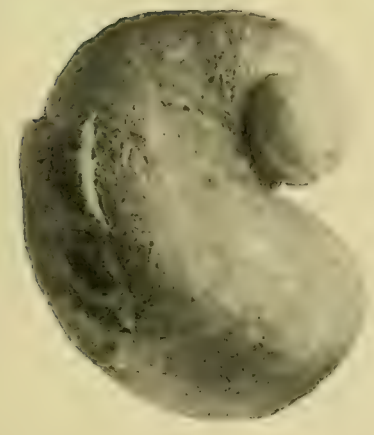
1 a

2

1 b



3 a



3 b

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXI

Fig. 1-2. *Diceras speciosum* Münst., forme typique, gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 3. *Diceras speciosum* Münst., variété A, gr. nat., Portlandien inférieur, bas de la Grande Gorge.

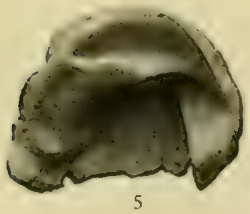
Fig. 4-5. *Diceras speciosum* Münst., variété B, gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

1

4

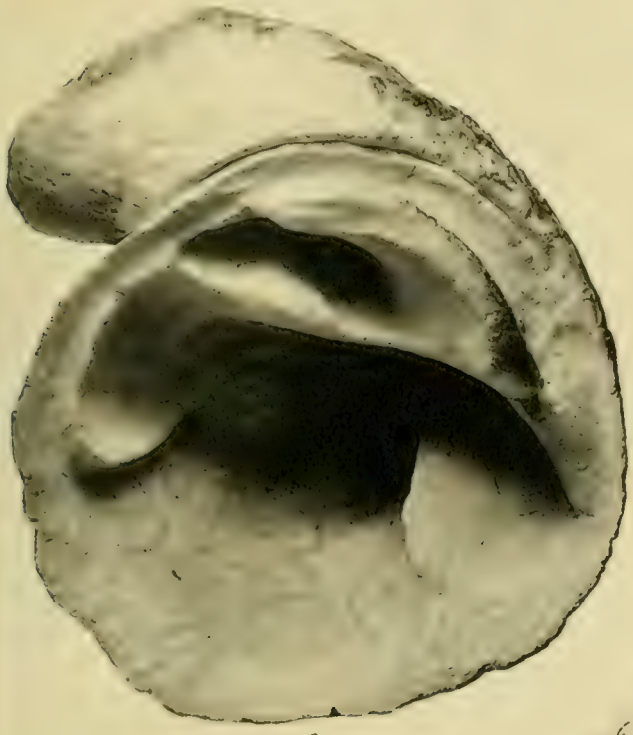
2

3


5

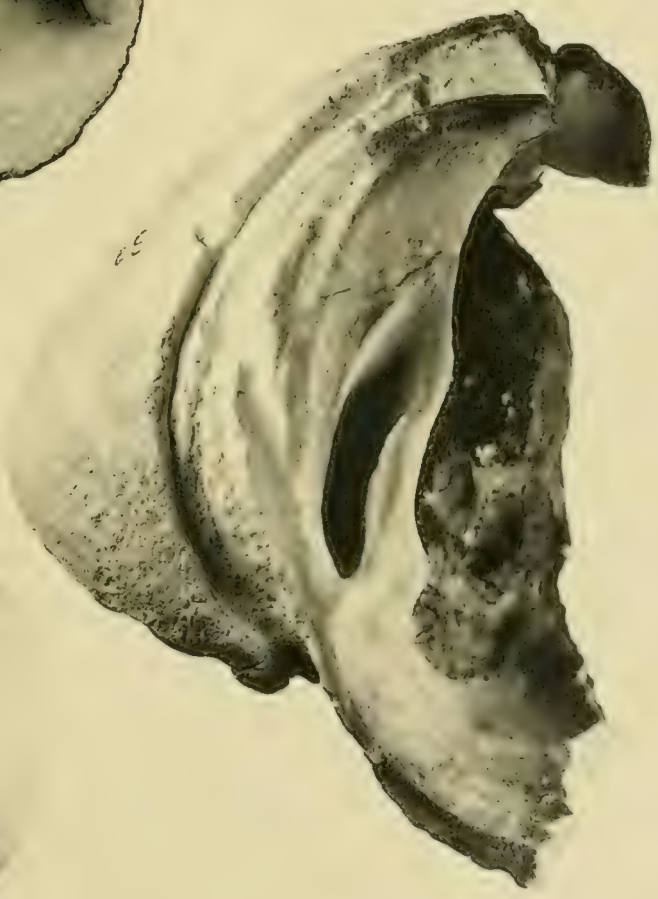
EXPLICATION DE LA PLANCHE XXII

Fig. 1-4. *Diceras speciosum* Münst., variété B, gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

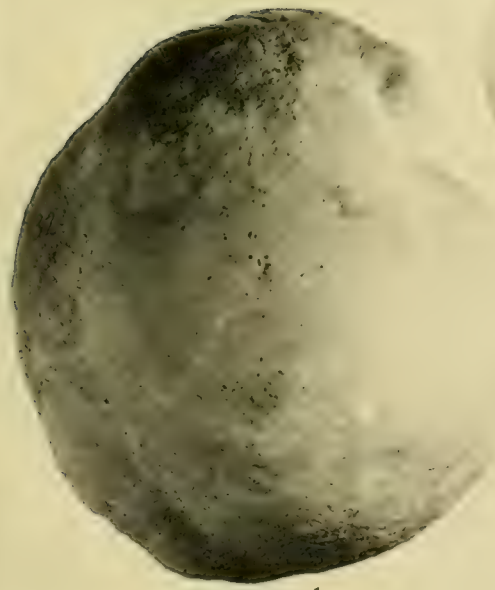


2

3



4

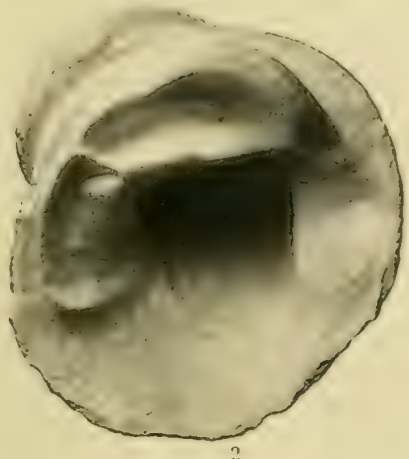


1

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIII

Fig. 1-8. *Diceras speciosum* Münst., variété C, gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

1


2

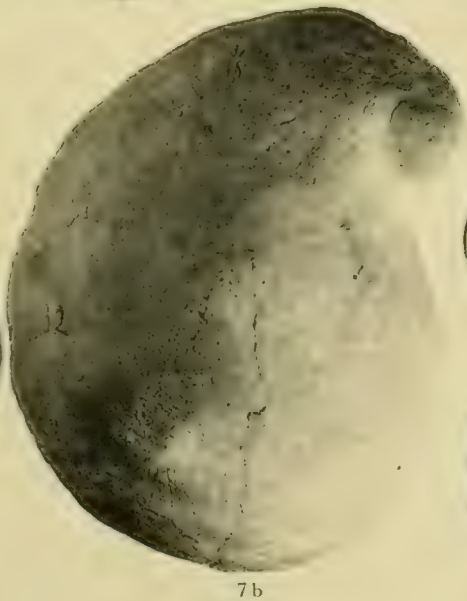
3

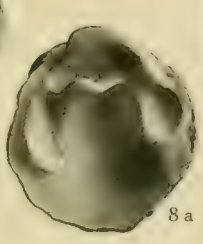
4

5

6

7 a


7 b


8 a

8 b

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIV

Fig. 1-14. *Matheronia salevensis* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets et Chavardon.

Fig. 3, 5, 6, individus bivalves.

Fig. 1, 2, 4, 7, 8, 9, valves gauches (fixées).

Fig. 10-14, valves droites (libres).

Fig. 15-17. *Plesiodiceras munsteri* (Goldf.), gr. nat., Ptérocérien, l'individu représenté fig. 15 provient de Silan près Nantua (Ain), les autres (fig. 16 et 17) d'Ambléon (Ain).

1 a
1 b
2 a
2 b
3 a
3 b
4 a
4 b
5 a
5 b
6
7
8
10 b
10 c
11 b
12 b
13
14
9
10 a
11 a
12 a
15
16
17

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXV

Fig. 1-12. *Valletia antiqua* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets et Chavardon.
Fig. 1-3, individus bivalves.
Fig. 4-8, valves gauches (libres).
Fig. 9-12, valves droites (fixées).

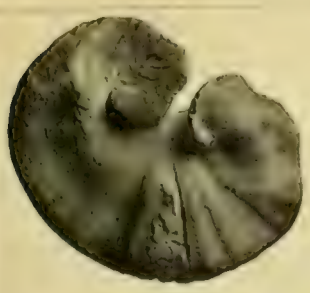
Fig. 13. *Isocardia bernardina* (d'Orb.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

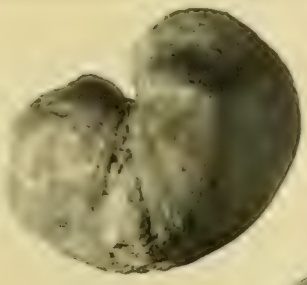
Fig. 14. *Pleurotomaria multiformis* Zitt., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 15-17. *Ditremaria salevensis* n. sp., gross. × 2, Portlandien inférieur; l'individu représenté fig. 15 provient de Chavardon, ceux représentés fig. 16 et 17 du haut des Etiollets.

Fig. 18-20. *Ditremaria carinata* Zitt. var. *elegans* n. var., gr. nat., Portlandien inférieur; l'individu représenté fig. 20 provient de Chavardon, celui représenté fig. 18 et 19 du haut des Etiollets.

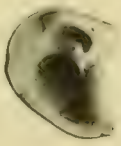
Fig. 21. *Cardium (Pterocardia) corallinum* Leym. var. *valfinense* Rollier, gr. nat., Portlandien inférieur, Chavardon.


1 a

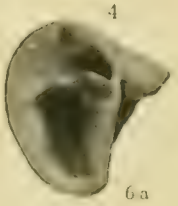

1 b

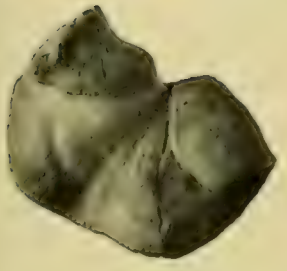
3

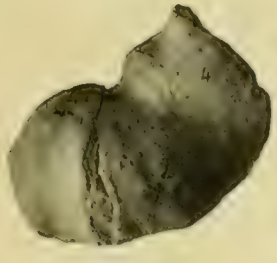
4


5 a

5 b


6 a

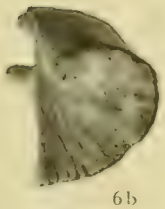

2 a

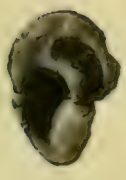

2 b

7 a

7 b

7 c


6 b


8 a

8 b

9 a

9 b

10 a

10 b

10 c

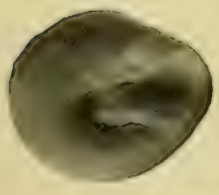
11

12

13 a

13 b

13 c

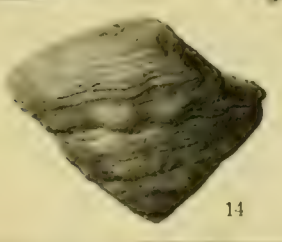

17

15

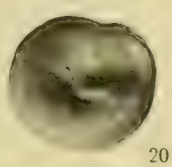
16

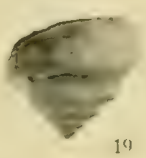
21 a

21 b


14

18


20


19

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXVI

Fig. 1. *Trochotoma mastoidea* (Et.), Portlandien inférieur, haut des Etiollets; fig. 1 *a*, gross. × 2; fig. 1 *b*, gross. × 1 $^1/_2$.

Fig. 2-8. *Trochus (Discotectus) massalongoi* G. Gemm., Portlandien inférieur; fig. 2-4, gr. nat.; fig 5-7, gross. × 2; fig. 8, gross. × 4.

Fig. 9. Opercule indéterminé, gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 10-11. *Turbo (Senectus) salevensis* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 12. *Nerita (Lissochilus) tithonica* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, partie supérieure de la gorge de la Mule.

Fig. 13-15. *Pileolus minutus* Zitt., gross. × 4, Portlandien inférieur, Chavardon.

Fig. 16. *Patella modesta* n. sp., gross. × 3, Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 17. *Natica (Amauropsis) fourneti* de Lor., gr. nat., Portlandien inférieur, Chavardon.

Fig. 18-21. *Eunaticina guirandi* de Lor., Portlandien inférieur, haut des Etiollets; fig. 18-20, individus de gr. nat.; fig. 21, partie du test d'un autre individu grossi 4 fois.

Fig. 22-25. *Eunaticina heterostriata* n. sp., Portlandien inférieur, haut des Etiollets; fig. 22, 23, 24 et 25 *a*, gr. nat.; fig. 25 *b*, fragment du test de l'individu 25 *a*, grossi 4 fois.

Fig. 26. *Natica mortilleti* (de Lor.), Portlandien inférieur, haut des Etiollets; fig. 26 *a*, individu de grandeur naturelle; fig. 26 *b*, même individu grossi 4 fois.

1 a
1b
8
2
3
4
9 a
9 b
5
6
10 b
10 a
11
12 b
12 a
7
16 b
17 b
17 a
14
13 a
16 a
13 c
20
18 a
15
13 b
21
18 b
22 a
23 a
24
19
22 b
23 b
25 a
25 b
26 a
26 b

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXVII

Fig. 1-3. *Pseudomelania flexicostata* (Zitt.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 4-10. *Oonia amygdaloides* (Zitt.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 11-12. *Purpuroidea tschani* Ooster, gr. nat.. Portlandien inférieur ; fig. 11, haut des Etiollets ; fig. 12, bas de la Grande Gorge.

1
2
3
4 b
4 a
5
6
7
11 b
11 a
8
9
10 a
10 b
12 a
12 b

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXVIII

Fig. 1. *Gymnocerithium(?) involvens* (Zitt.), gr. nat., Portlandien inférieur, bas de la Grande Gorge.

Fig. 2-4. *Petersia salevensis* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 5. *Petersia corallina* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 6. *Brachytrema filigrana* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 7-11. *Ditretus nodosostriatus* (Peters), gr. nat., Portlandien inférieur; fig. 7, 8, 11, haut des Etiollets; fig. 10, entre le Saut Gonet et la gorge de la Mule; fig. 9, bas de la Grande Gorge. La figure 11 ne porte point de numéro sur la planche, elle se trouve entre les figures 12 et 18*a*.

Fig. 12. *Ditretus consobrinus* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, partie supérieure de la gorge de la Mule.

Fig. 13-14. *Zittelia oppeli* (Et.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 15-18. *Zittelia picteti* G. Gemm., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets et Chavardon.

Fig. 19-20. *Nerinea robusta* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur; fig. 19, pied du Sphinx; fig. 20, partie supérieure de la gorge de la Mule.

Fig. 21. *Nerinea binodosa* Et., gr. nat., Portlandien inférieur, partie supérieure de la gorge de la Mule.

Fig. 22-23. *Nerinea jeanjeani* Roman, gr. nat., Portlandien inférieur, bas de la Grande Gorge.

1
3
4
2a
2b
6b
5a
5b
5c
6a
7
8a
8b
13b
13a
14b
14a
12
9
10
18b
18a
17b
17a
15b
15a
16b
16a
19
20
21
22
23

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIX

Fig. 1-5. *Nerinea hoheneggeri* Peters, gr. nat., Portlandien inférieur; fig. 1, bas de la Grande Gorge; fig. 2-5, partie supérieure de la gorge de la Mule.

Fig. 6. *Nerinea grata* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, Chavardon.

Fig. 7-8. *Nerinea paucicostata* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, bas de la Grande Gorge.

Fig. 9. *Nerinea thurmanni* Et., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 10. *Phaneroptyxis moreana* (d'Orb.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 11-17. *Phaneroptyxis renevieri* (de Lor.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets, Chavardon et bas de la Grande Gorge.

Fig. 18. *Phaneroptyxis nogreti* (Guir. et Og.), gr. nat., Portlandien inférieur.

Fig. 19-20. *Phaneroptyxis multicoronata* (Zitt.), gr. nat., Portlandien inférieur; fig. 19, Chavardon; fig. 20, haut des Etiollets.

Fig. 21. *Itieria cabanetiana* (d'Orb.), var. *globosa* n. var., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15 a
15 b
16
17 a
17 b
18
19 a
19 b
20 a
20 b
21 b
21 a

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXX

Fig. 1. *Phaneroptyxis rugifera* (Zitt.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 2-13. *Phaneroptyxis staszycii* (Zeuschn.), var. *proboscidea* Cossm. et var. *helvetica* (Zitt.), gr. nat., Portlandien inférieur; fig. 2, 3, 4, 7, 13, Chavardon; fig. 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, haut des Etiollets.

Fig. 14. *Phaneroptyxis* sp., gr. nat., Portlandien inférieur, bas de la Grande Gorge.

Fig. 15-16. *Phaneroptyxis staszycii* (Zeuschn.), var. *typica* (Zitt.), gr. nat., Portlandien inférieur; fig. 15, haut des Etiollets; fig. 16, partie supérieure de la gorge de la Mule.

Fig. 17-18. *Itieria cabanetiana* (d'Orb.) var. *globosa* n. var., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 19-21. *Nerinea dilatata* d'Orb., Portlandien inférieur; fig. 19, gross. $\times$ 2, Chavardon; fig. 20-21, gr. nat., haut des Etiollets.

1
2
3 a
3 b
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16 a
16 b
17
18
19
20
21

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXXI

Fig. 1-3. *Ptygmatis quinqueplicata* (G. Gemm.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 4-13. *Ptygmatis meneghini* (G. Gemm.), gr. nat., Portlandien inférieur ; fig. 4 à 9, haut des Etiollets ; fig. 10, Chavardon ; fig. 11, bas de la Grande Gorge ; fig. 12, partie supérieure de la gorge de la Mule ; fig. 13, bas de l'Evorse.

Fig. 14-16. *Ptygmatis pseudobruntrutana* (G. Gemm.), gr. nat., Portlandien inférieur, partie supérieure de la gorge de la Mule.

1 a
1 b
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXXII

Fig. 1. *Cryptoplocus depressus* (Voltz.), gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 2. *Cryptoplocus succedens* Zitt., gr. nat., Portlandien inférieur, haut des Etiollets.

Fig. 3. *Cryptoplocus excavatus* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, bas de la Grande Gorge.

Fig. 4-5. *Aptyxiella rustica* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur; fig. 4, partie supérieure de la gorge de la Mule; fig. 5, bas de la Grande Gorge.

Fig. 6-7. *Nerinea(?) sphinxi* n. sp., gr. nat., Portlandien inférieur, partie supérieure de la gorge de la Mule.

Fig. 8-9. *Belemnites (Hibolites) diceratinus* Et., gr. nat., Portlandien inférieur; fig. 8, partie supérieure de la gorge de la Mule; fig. 9, haut des Etiollets.

Fig. 10. *Natica floræ* de Lor., gr. nat., Purbeckien, carrière d'Aiguebelle, Petit Salève.

Fig. 11-14. *Lioplax inflata* Sandb., gr. nat., Purbeckien, sentier des Bûcherons supérieur, Grand Salève.

Fig. 15-16. *Valvata helicoides* Forbes., gross. $\times$ 5, Purbeckien, Varappe.

Fig. 17-18. *Pseudomelania nana* n. sp., gross. $\times$ $2^1/_2$, Purbeckien, carrière d'Aiguebelle, Petit Salève.

Fig. 19-27. *Exelissa septemplicata* (Rœm.), gross. $\times$ $2^1/_2$, Purbeckien, carrière d'Aiguebelle, Petit Salève.

Fig. 28-31. *Nerinea concinna* n. sp., gross. $\times$ $2^1/_2$, Purbeckien, carrière d'Aiguebelle, Petit Salève.

Fig. 32-36. *Nerinea minima* n. sp., gross. $\times$ $2^1/_2$, Purbeckien, carrière d'Aiguebelle, Petit Salève.

1
2
3
4
5
6
7
8 a
8 b
9 a
9 b
10 b
10 a
11
12
13
14
15 a
15 b
15 c
16 a
16 b
16 c
17 a
17 b
18 a
18 b
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXXIII

Fig. 1-6. *Nerinea minima* n. sp., gross. $\times$ $2\,^1/_2$, Purbeckien, carrière d'Aiguebelle, Petit Salève.

Fig. 7-28. *Aphanoptyxis variabilis* n. sp., gross. $\times$ $2\,^1/_2$, Purbeckien, carrière d'Aiguebelle, Petit Salève.

Fig. 29-30. *Planorbis loryi* Coq., gross. $\times$ $2\,^1/_2$, Purbeckien, Varappe.

Fig. 31-34. *Physa wealdiensis* Coq., gr. nat., Purbeckien, sentier des Bûcherons supérieur, Grand Salève.

Fig. 35. *Limnea*, sp., gr. nat., Purbeckien, sentier des Bûcherons supérieur, Grand Salève.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29 a
29 b
29 c
31 a
31 b
32
33 a
33 b
30 a
30 b
30 c
34 a
34 b
35 b
35 b

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXXIV

Fig. 1. *Cardium (Pterocardia corallinum* Leym. var. *alatum* de Luc., gr. nat., assise à *Heterodiceras luci*, Infravalanginien, ancienne carrière de Monnetier.

Fig. 2-3. *Lima (Plagiostoma) monetieri* n. sp., 2 *a*, 3, gr. nat.; 2 *b*, partie du test de 2 *a* grossi 4 fois; assise à *Heterodiceras luci*, Infravalanginien, ancienne carrière de Monnetier.

Fig. 4. *Pecten rochati* de Lor., fragment du test du type de de Loriol, pl. E, fig. 5, grossi 4 fois; assise à *Heterodiceras luci*, Infravalanginien, ancienne carrière de Monnetier.

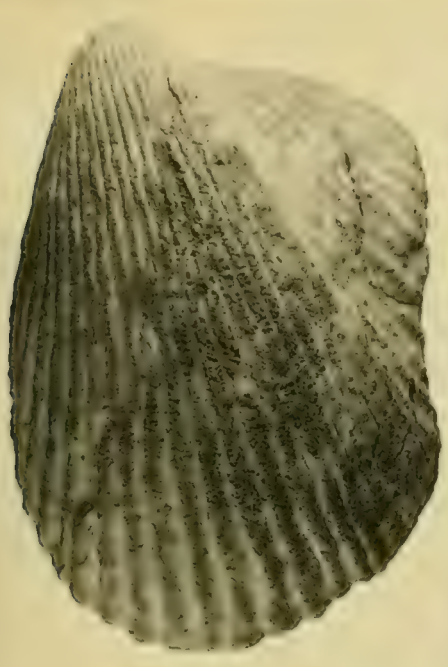
Fig. 5-6. *Heterodiceras luci* Defr., gross. $\times$ $^1/_2$ fig. 5, type figuré par A. Favre [1843, pl. 1, fig. 1-2], vu par le côté ventral pour montrer les carènes des valves; fig. 6, autre individu; Infravalanginien, ancienne carrière de Monnetier.

Fig. 7. *Nerinea dilatata* ? d'Orb., gr. nat.; assise à *Heterodiceras luci*, Infravalanginien, ancienne carrière de Monnetier.

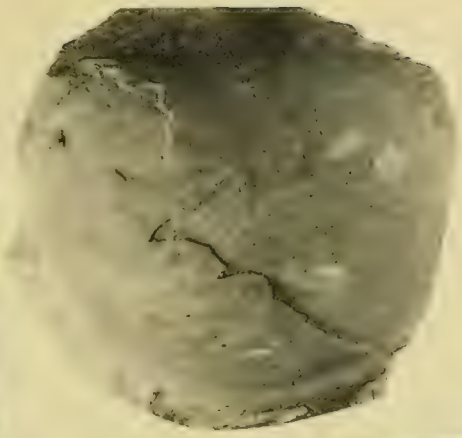
Fig. 8. *Prosopon oxythyreiforme* G. Gemm., gr. nat., assise à *Heterodiceras luci*, Infravalanginien, ancienne carrière de Monnetier.

Fig. 9. *Pycnodus couloni* ? Ag., gr. nat., assise à *Natica leviathan*, Infravalanginien, nouvelles carrières de Monnetier.

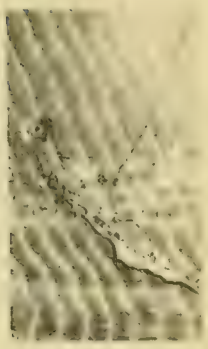
Fig. 10-13. *Spirocyclina erratica* n. sp.; fig. 10 *a*, 11 *a*, 12, gr. nat.; fig. 10 *b*, 11 *b*, gross. $\times$ 5; fig. 13, gross. $\times$ 20; assise à *Natica leviathan*, Infravalanginien, carrière du versant SW. du Petit Salève, vallon de Monnetier.



1

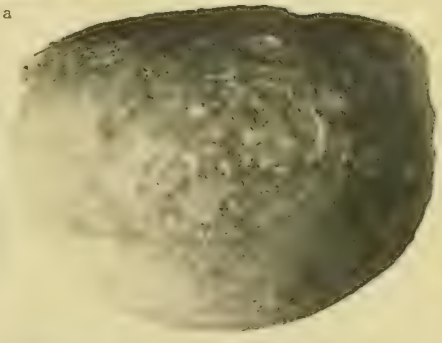


2 a



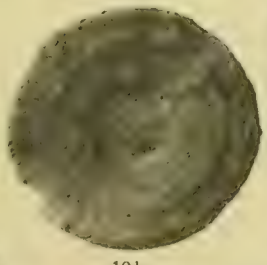
2 b

4



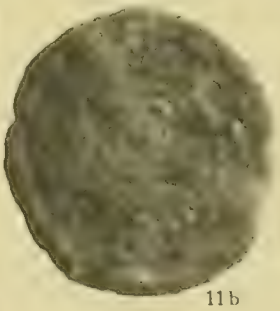
3

9



10 b

12

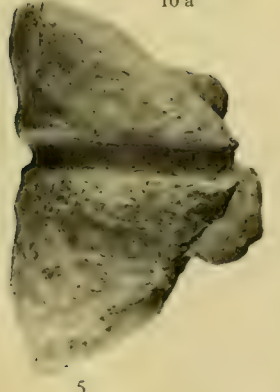


11 b

11 a

7

10 a



5

13

8

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

La Société peut disposer de collections complètes de ses *Mémoires.* (Tomes 1-37 et volume du centenaire.) Pour traiter, s'adresser au secrétaire des publications. (Adresse de la Société : M. le secrétaire des publications de la Soc. de physique, P. A. : au Muséum d'hist. naturelle, Genève, Suisse.)

Comptes rendus des séances de la Société (in-8°). Tomes I-XXIX (1884-1912). Prix Fr. 30

Liste des publications des membres de la Société (1883) in-8° avec supplément (1896) Prix . . . . . Fr. 4

Imprimerie Albert Kundig, Genève.

New York Botanical Garden Library
3 5185 00289 4671

DEC 69